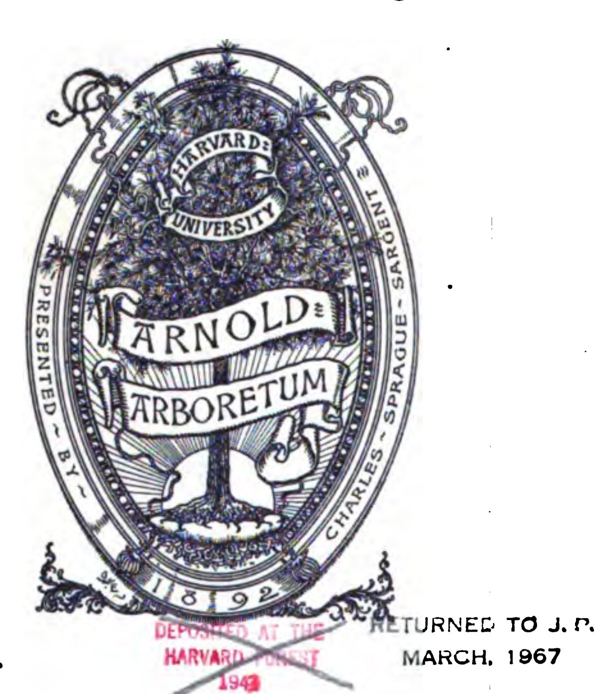
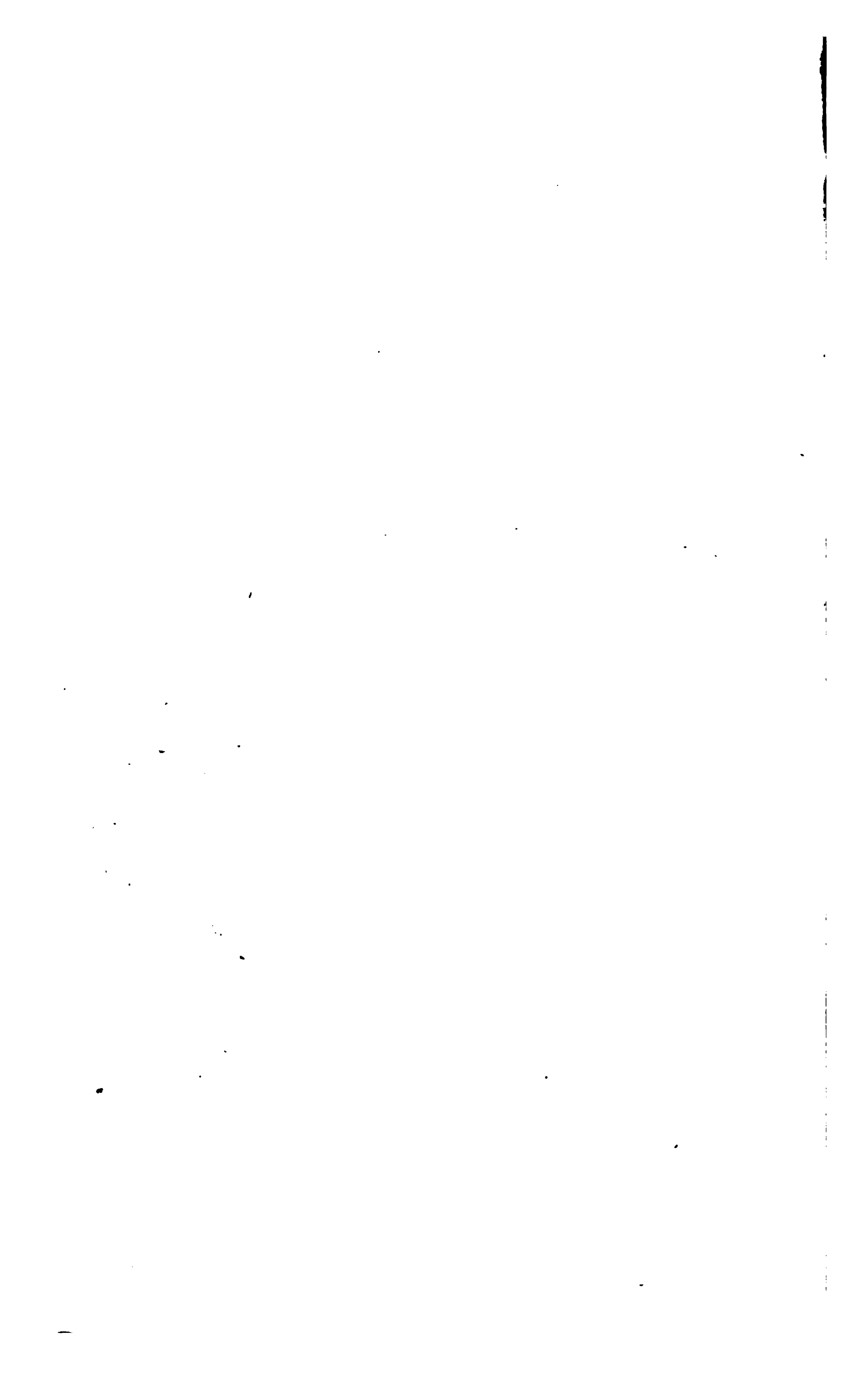



HARVARD UNIVERSITY
ARNOLD ARBORETUM
PRESENTED BY CHARLES SPRAGUE SARGENT
1892



Handbuch der Forstchemie.



Handbuch

der

Forstchemie

von

Dr. Ferdinand Schubert.

Mit 127 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Leipzig:
F. A. Brockhaus.
1848.



ich
mit
an-
uche
aben

dem
u dür-
Litera-
handlung
es Buches
icht so bald

der reinen Che-
gegenwärtig keinen
selben als Vorberei-
führlicher gegeben wer-
gestattet, während vieles
werden braucht oder ganz
anger das Studium größerer
da so Manches seinen Platz,
nicht einreihen ließ.
Schwermetallen blos das Eisen und
handelt, weil sie als wesentliche Be-
und der Pflanzen so vielfach in Betracht
nahme der übrigen Metalle hätte eine so ge-
ng nöthig gemacht, daß diese Gedrängtheit

wahrscheinlich das Studium nur verleidet haben würde. Ich suchte daher, die wichtigsten Eigenschaften sämmtlicher Metalle und ihrer vorzüglichsten Verbindungen in einer übersichtlichen Einleitung zusammenzustellen. Demjenigen, welcher mehr sucht, als gerade genügt, wird das Studium dieser Abtheilung eine im Allgemeinen hinreichende Vorstellung von dem chemischen Verhalten der gesammten Metalle verschaffen. Die eigens beschriebenen Metalle sind indessen so behandelt, daß der Anfänger diese Abtheilung vorläufig wird überschlagen können, um sie für eine Zeit aufzusparen, welche ihm ein specielleres Studium erlaubt.

Bei der Ausarbeitung zog ich zahlreiche Werke zu Rathe. Ich will nur die vorzugsweise benutzten anführen, nämlich: Berzelius' Lehrbuch der Chemie; Egen, Constitution des Erdkörpers; Hartig, Lehrbuch für Förster; Köhler, Technische Chemie; Krutzsch, Bodenkunde; Lehmann, Theoretische Chemie; Liebig, Handbuch der organischen Chemie; Liebig, Agriculturchemie; Meyen, Pflanzenphysiologie; Mitscherlich, Lehrbuch der Chemie; Mulder, Physiologische Chemie; Pfeil, Forstliche Bodenkunde in dessen Kritischen Blättern, 17. Band; Schleiden, Wissenschaftliche Botanik; Schubarth, Technische Chemie; Schultz, Holzconservirung.

Was die im Eingange zusammengestellte Literatur betrifft, sollte blos die Abtheilung „Forstchemie" einigermaßen auf Vollständigkeit Anspruch haben, das Übrige dagegen nur mehr beispielsweise gelten.

Was ich gewollt, glaube ich begreiflich gemacht zu haben; was ich vermocht, wird die Zukunft lehren.

Alle Mittheilungen, welche mir die Gebrechen meines Versuches bezeichnen, werden mir, besonders wenn sie zugleich die Mittel zu ihrer Abhülfe bieten, im höchsten Grade willkommen sein.

Würzburg, im September 1847.

Der Verfasser.

Inhalt.

Literatur.

	Seite
Allgemeine Forstliteratur	1
Reine und technische Chemie	—
Forstchemie	3
Agriculturchemie	—
Pflanzenphysiologie	4
Bodenkunde	4
Forstphysik	5
Chemische Forsttechnologie und Forstbenutzung	—

Allgemeiner Theil.

Reine Chemie.

	Seite
Einleitung	9
I. Allgemeine Chemie.	
Begriff von Chemie	10
Bestandtheile der Körper	11
Eintheilung derselben	12
Namen und Eintheilung der Elemente	—
Metalle	13
Nichtmetalle	—
Electrochemische Reihenfolge der Elemente	—
Chemische Eigenschaften der Körper	14
Chemische Verwandtschaft	—
Chemische Verbindung	16
Chemische Zersetzung	17
Chemischer Prozeß	18
Gesetze der chemischen Verwandtschaft und Verbindung	19
Stöchiometrie	25
Atomistische Theorie	28
Chemische Zeichen	33
Isomorphie	35
Dimorphie und Trimorphie	36
Amorphie	37
Isomerie	39
Polymerie	39
Metamerie	40
Eintheilung d. chemischen Verbindungen	—
Säuren und Basen	41
Eintheilung der Säuren	42
Chlortheorie	43
Begriff von Basis und Eintheilung der Basen	44
Salze	45
Nomenclatur der chemischen Verbindungen	49
Chemische Operationen.	53
A. Vorbereitung zum chemischen Prozesse	54
1. Zerkleinerung der Naturkörper	—
2. Auflösung	55
B. Einleitung der chemischen Prozesse	61
1. Chemische Operationen ohne Temperaturerhöhung	—
Chemische Auflösung	—
Präcipitiren	62
Reagiren	—

wahrscheinlich das S
suchte daher, die wi
und ihrer vorzüglich
Einleitung zusammen
als gerade genügt,
im Allgemeinen hin
Verhalten der ges
beschriebenen Metall
fänger diese Abtheil
sie für eine Zeit au
dium erlaubt.

Bei der Ausa
Ich will nur die
Berzelius' Lehr
Erdkörpers; Har
sche Chemie; Kr
Chemie; Liebig
Agriculturchemie
Lehrbuch der C
Forstliche Be
Schleiden,
Chemie; S

Was
sollte blo
ständigke
spielsw

was

such
M



Seite
der Oxyde, Wirkung auf thierischen Organismus.... 177
...des Verhalten, an der Luft ...gewöhnlicher Temperatur .. —
...n bei höherer Temperatur ...melzbarkeit, Flüchtigkeit, Zer... durch Erhitzen) 178
...en zu Säuren, zu Schwe... ...ikalien 179
... auf Pflanzenfarben, Aus... ...ung, Anwendung 180
...metalle, Eintheilung und ...atur 181
...ung 182
...Farbe, Auflöslichkeit...... 183
...des Verhalten, Erkennung, ...tion 184
...dung 185
...alze, Vorkommen, Darstel... .... —
.... 186
.... 187
...lichkeit 188
... des Löslichkeitsverhältnisses 189
...mack 190
...n, Wirkung auf den thieri... ...n Organismus 191
...sches Verhalten, Krystallwas... ... Verwitterung 192
...alten bei höherer Temperatur ...chmelzbarkeit) 193
...tigkeit 194
...andtschaftstafel der Säuren ...f nassem Wege .... —
...andtschaftstafel der Basen auf ...assem Wege 196
...halten der Salze zu anderen Salzen 197
...rhalten der Salze zu Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor und Kohle auf nassem Wege ...... —
Verhalten zu organischen Stoffen. —
Verwandtschaftstafel auf trockenem Wege 198
Erkennung der Salze auf trockenem Wege .... —
Erkennung der Salze auf nassem Wege 199
Ermittelung der Basis .... —
Ermittelung der Säure eines Salzes 200
Anorganische Säuren .... —
Organische Säuren 201
Allgemeine Wichtigkeit der Salze. 202
Chlorete, Darstellung 203
Eigenschaften .... —
Erkennung 204
Jodete .... —
Fluorete 205
Cyanete 206

Seite
Carbonate 208
Sulphate 209
Nitrate 212
Phosphate 213
Borate 215
Silicate 216
Aluminate 219
Leichtmetalle 221
Kalium .... —
Kali .... —
Kalisalze 223
Schießpulver 225
Natrium, Natron 234
Natronsalze 235
Ammonium 238
Ammoniak ....
Ammoniaksalze 240
Baryum, Baryt 242
Barytsalze 242
Strontium 243
Calcium, Kalkerde .... —
Kalksalze 244
Magnesium, Bittererde 247
Bittererdesalze 248
Aluminium, Thonerde 250
Thonerdesalze .... —
Schwermetalle 253
Eisen .... —
Stahl 254
Verbindungen des Eisens 256
Mangan 263
Verbindungen des Mangans ..... —

Organische Chemie.

Einleitung 268
Analyse d. organischen Körper 271
Elementaranalyse .... —
Organische Säuren 276
Essigsäure 278
Ameisensäure 279
Oxalsäure 281
Weinsteinsäure 282
Traubensäure 284
Citronensäure .... —
Äpfelsäure 285
Bernsteinsäure 287
Benzoësäure 288
Gerbsäure 289
Gallussäure 296
Organische Basen 299
Indifferente Stoffe 300
Pflanzen- oder Holzfaser .... —
Schießbaumwolle 301
Stärkmehl 307
Gewöhnliches Stärkmehl 308

Seite

2. Chemische Operationen mit Anwendung der Wärme ... 64
 Chemische Öfen ... —
 Weingeistlampe ... 69
 Löthrohr ... 71
 Sand-, Aschen-, Wasserbad ꝛc. ... 72
 Digestion ... 73
 Aufguß, Abkochung ꝛc. ... 74
 Abdampfung ... 75
 Trocknen ... 77
 Destillation ... 78
 Gasbereitung ... 82
 Chemische Operationen auf trockenem Wege ... 87
 Rösten, Glühen ... —
 Calcination, Cämentation, Oxydadation, Reduction, Verknistern (Decrepitiren) ... 88
 Schmelzen ... 89
 Schmelztiegel ... —
 Trockene Destillation ... 91
 Sublimation ... —
 Kitte und Beschläge ... —
 Brennmaterialien für chemische Operationen ... 93

C. Beendigung des chemischen Prozesses ... —
 Decanthiren, Coliren ... 94
 Filtriren ... 95
 Stative ... 98
 Das Reinigen der Gefäße ... 99
 Gewichte bei chemischen Operationen ... 100

II. Specielle Chemie.

Anorganische Chemie.

Nichtmetallische Grundstoffe ... 101
 Sauerstoff ... 102
 Verbrennung (phlogistisches u. antiphlogistisches System) ... 103
 Die Feuerflamme ... 104
 Selbstentzündung ... 106
 Wasserstoff ... —
 Knallgas ... 108
 Wasser (Arten desselben) ... —
 Stickstoff ... 110
 Atmosphärische Luft ... 113
 Stickstoffoxydul ... 116
 Stickstoffoxyd ... —
 Salpetrige Säure ... —
 Salpetersäure ... 117
 Untersalpetersäure ... 120
 Kohlenstoff ... —
 Kohlenoxydgas ... 122
 Kohlensäure ... —
 Leichtes Kohlenwasserstoffgas ... 124
 Schweres Kohlenwasserstoffgas ... —
 Schwefel ... 125

Seite

 Schweflige Säure ... 127
 Schwefelsäure ... 128
 Schwefelwasserstoff ... 130
 Schwefelkohlenstoff ... 131
 Phosphor ... —
 Phosphorsäure ... 133
 Phosphorwasserstoff ... 134
 Bor, Borsäure ... 135
 Kiesel ... 136
 Kieselsäure ... —
 Salzbilder ... 138
 Chlor ... 139
 Chlorwasserstoff- oder Salzsäure ... 140
 Jod ... 142
 Brom, Fluor ... 143
 Cyan ... 144

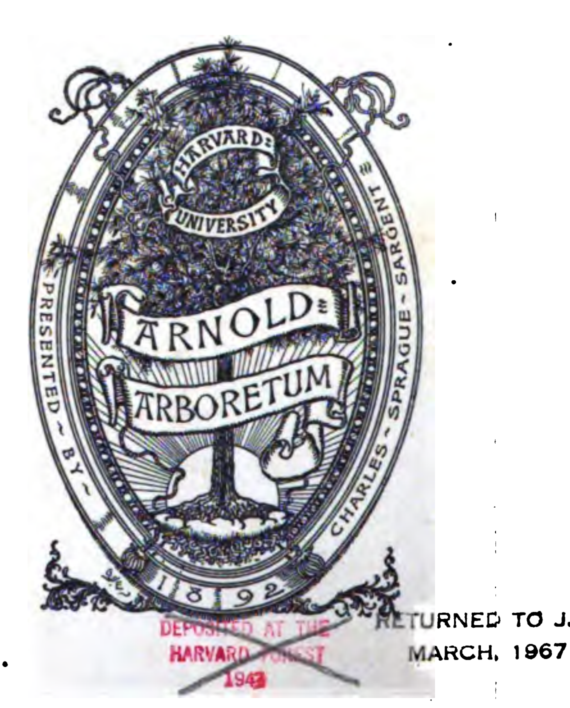
Metalle ... 145
 Darstellung der Metalle ... 146
 Physikalische Eigenschaften, Undurchsichtigkeit, Glanz ... 147
 Farbe, Geruch, Geschmack, Schwere, Leitung der Elektricität ... 148
 Magnetismus, katalytische Kraft ... 149
 Leitung der Wärme, Geschmeidigkeit ... 151
 Härte, Klang, Schmelzbarkeit ... 152
 Krystallform, Flüchtigkeit ... 153
 Chemische Eigenschaften ... 154
 Eintheilung, Leichtmetalle, Schwermetalle ... 155
 Oxydation der Metalle im Wasser und an der Luft ... 156
 Anlaufen, Verbrennen der Metalle 157
 Rosten der Metalle ... 159
 Verhalten zum Schwefel, zu den Haloiden und anorganischen Säuren —
 Verhalten zu Salzsäure, verdünnter und concentrirter Schwefelsäure 160
 Verhalten zu Salpetersäure ... 161
 Verhalten zu Königswasser ... 162
 Verhalten zu Fluorwasserstoffsäure und zu organischen Säuren ... 163
 Verhalten zu Fetten ... 164
 Verhalten zu Alkalien ... 165
 Verhalten zu Salzen auf nassem Wege ... 166
 Verhalten zu Salzen auf trockenem Wege ... 168
 Verbindungen der Metalle unter sich (Legirungen) ... —
 Vorkommen, Darstellung, Scheidung 169
 Eigenschaften ... 170

Oxyde, Vorkommen ... 171
 Darstellung ... 172
 Farbe der Oxyde ... 173
 Form derselben ... 175
 Verhalten der Oxyde zu Elektricität und Magnetismus ... 176
 Auflöslichkeit, Geschmack derselben —

	Seite
Geruch der Oxyde, Wirkung auf den thierischen Organismus	177
Chemisches Verhalten, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur	—
Verhalten bei höherer Temperatur (Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Zersetzung durch Erhitzen)	178
Verhalten zu Säuren, zu Schwefel, Alkalien	179
Reaction auf Pflanzenfarben, Ausmittelung, Anwendung	180
Schwefelmetalle, Eintheilung und Nomenclatur	181
Darstellung	182
Form, Farbe, Auflöslichkeit	183
Chemisches Verhalten, Erkennung, Reduction	184
Anwendung	185
Metallsalze, Vorkommen, Darstellung	—
Form	186
Farbe	187
Auflöslichkeit	188
Tabelle des Löslichkeitsverhältnisses	189
Geschmack	190
Geruch, Wirkung auf den thierischen Organismus	191
Chemisches Verhalten, Krystallwasser, Verwitterung	192
Verhalten bei höherer Temperatur (Schmelzbarkeit)	193
Flüchtigkeit	194
Verwandtschaftstafel der Säuren auf nassem Wege	—
Verwandtschaftstafel der Basen auf nassem Wege	196
Verhalten der Salze zu anderen Salzen	197
Verhalten der Salze zu Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor und Kohle auf nassem Wege	—
Verhalten zu organischen Stoffen	—
Verwandtschaftstafel auf trockenem Wege	198
Erkennung der Salze auf trockenem Wege	—
Erkennung der Salze auf nassem Wege	199
Ermittelung der Basis	—
Ermittelung der Säure eines Salzes	200
Anorganische Säuren	—
Organische Säuren	201
Allgemeine Wichtigkeit der Salze	202
Chlorete, Darstellung	203
Eigenschaften	—
Erkennung	204
Jodete	—
Fluorete	205
Cyanete	206
Carbonate	208
Sulphate	209
Nitrate	212
Phosphate	213
Borate	215
Silicate	216
Aluminate	219
Leichtmetalle	221
Kalium	—
Kali	—
Kalisalze	223
Schießpulver	225
Natrium, Natron	234
Natronsalze	235
Ammonium	238
Ammoniak	
Ammoniaksalze	240
Baryum, Baryt	242
Barytsalze	242
Strontium	243
Calcium, Kalkerde	—
Kalksalze	244
Magnesium, Bittererde	247
Bittererdesalze	248
Aluminium, Thonerde	250
Thonerdesalze	—
Schwermetalle	253
Eisen	—
Stahl	254
Verbindungen des Eisens	256
Mangan	263
Verbindungen des Mangans	—

Organische Chemie.

Einleitung	268
Analyse d. organischen Körper	271
Elementaranalyse	—
Organische Säuren	276
Essigsäure	278
Ameisensäure	279
Oxalsäure	281
Weinsteinsäure	282
Traubensäure	284
Citronensäure	—
Äpfelsäure	285
Bernsteinsäure	287
Benzoësäure	288
Gerbsäure	289
Gallussäure	296
Organische Basen	299
Indifferente Stoffe	300
Pflanzen- oder Holzfaser	—
Schießbaumwolle	301
Stärkmehl	307
Gewöhnliches Stärkmehl	308


HARVARD
UNIVERSITY
ARNOLD
ARBORETUM
PRESENTED ~ BY ~
CHARLES ~ SPRAGUE ~ SARGENT
1892

eite
208
209
212
213
215
216
219

221

—

—
223
225
. 234
. 235
. 238

. 240
. 242
. 242
. 243
. —
. . 244
. . 247
. . 248
. . 250
. . . —

. . . 253

. . . . —
. . . . 254
. 256
. 263
s . . . . . —

. . . . 268
n Körper 271
. . . . —
. . . . 276
. . . . 278
279
281
282
284

ce
ce . . . .
ſdure

Handbuch der Forstchemie.



Handbuch

der

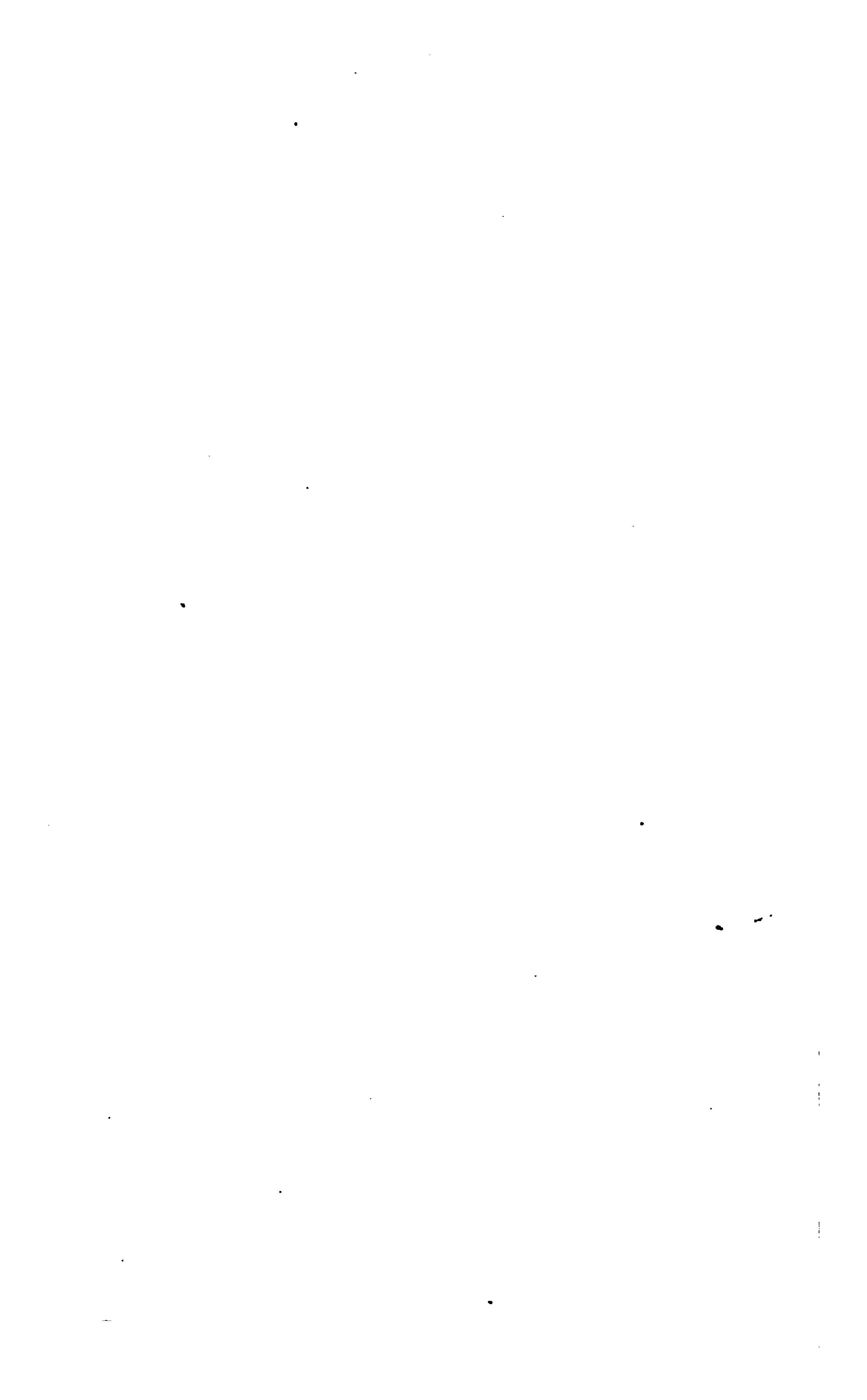


von

Dr. Ferdinand Schubert.

Mit 127 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Leipzig:
F. A. Brockhaus.
1848.



Handbuch der Forstchemie.



Handbuch

der

Forstchemie

von

Dr. Ferdinand Schubert.

Mit 127 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Leipzig:
F. A. Brockhaus.

1848.

Vorwort.

Es sind bereits mehrere Jahre, daß die Aufforderung an mich erging, den Forstkandidaten der hiesigen Hochschule Chemie mit Anwendung auf Forstwissenschaft vorzutragen. Durch den Mangel der Literatur an einem genügenden Lehr- oder Handbuche dieses Gegenstandes sah ich mich genöthigt, mir den Leitfaden für meine Vorlesungen selbst zu schaffen.

Dem Wunsche meiner Zuhörer, diese Vorlesungen dem Druck zu übergeben, glaubte ich um so eher entsprechen zu dürfen, als bei dem beträchtlichen Aufwande an Zeit und Literatur, welchen eine solche ganz neu aufzunehmende Behandlung des chemischen Stoffes erfordert, die Abfassung eines Buches dieser Art von irgend einer andern Seite her sich nicht so bald erwarten ließ.

Der allgemeine Theil enthält einen Grundriß der reinen Chemie, obgleich die Literatur an solchen allerdings gegenwärtig keinen Mangel hat, weil bei der Ausarbeitung desselben als Vorbereitung für ein specielles Fach Manches ausführlicher gegeben werden muß, als ein kurzer Grundriß gestattet, während vieles Andere nur übersichtlich erwähnt zu werden braucht oder ganz wegbleiben kann, was dem Anfänger das Studium größerer Werke erschwert. Auch fand da so Manches seinen Platz, was sich im speciellen Theile nicht einreihen ließ.

Hier wird von den Schwermetallen blos das Eisen und Mangan besonders abgehandelt, weil sie als wesentliche Bestandtheile des Bodens und der Pflanzen so vielfach in Betracht kommen. Die Aufnahme der übrigen Metalle hätte eine so gedrängte Beschreibung nöthig gemacht, daß diese Gedrängtheit

Torf- und Steinkohlen-Entstehung. **Kreosot und Eupion, von Moll;** Dingler's polyt. Journ. 63. S. 133.

Wiegmann sen., A. F., Ueber die Entstehung, Bildung u. das Wesen des Torfs; gekrönte Preisschrift. Braunschweig, Vieweg. 1837. 15 Ngr. oder 54 Xr.

Erzeugung und Benutzung des Torfs, (Oekonom. Neuigkeiten 1840 S. 832.)

Ueber den Ursprung der Stein- und Braunkohlen. (Oesterreichische Zeitschrift 1840 S. 566.)

Gewinnung und **Wieck, F. G.**, Torfbüchlein, oder Eigenschaften, Gewinnung und Benutzung des Torfs. Mit Abbildungen von Torfpressen, Verkohlungsöfen, Trockenvorrichtungen rc. Chemnitz 1839. 11⅓ Ngr. oder 40 Xr.

Moser, H. C., Torfbetrieb und Torfbenutzung, aus eigenen Erfahrungen dargestellt. Nürnberg, Riegel und Wießner. 1840. 1 Thlr. oder 1 Fl. 48 Xr.

Untersuchung. **Walz, G. F.**, Untersuchung einiger Braunkohlensorten der Rheinpfalz, in Herberger's allgem. Zeitschrift für die technischen Gewerbe., 2. Bd. 6. Heft. 1845. S. 194—198.

Baumsäfte. **Sponeck, C. F. v.**, Ueber den Anbau und die forstliche Behandlung des wein- und spitzblättrigen Ahorns mit Rücksicht auf Zuckerbenutzung. Mannheim, Schwan und Götz. 1811. 12½ Ngr. oder 36 Xr.

Paschwitz, J. M. v., Der Zuckerahorn. Forstbotanisch-technologische Skizze über Kultur, Naturalisation und Benutzung dieses Forstbaumes, besonders in Beziehung auf Zuckerfabrikation. Erlangen, Bläsing. 1837. 2⅔ Ngr. oder 9 Xr.

Bereitung von Champagnerwein von Birkenwasser in Rußland. (Oekonom. Neuigkeiten 1822. S. 488.)

Ueber Gewinnung und Gebrauch des Birkensaftes. (Ruff. Forstz. 1833. 1. Heft.)

Benutzung des Birkensaftes auf Zucker. (Oekonom. Neuigk. 1838. S. 168.)

Ueber Harz- und Theergewinnung in den Haidegegenden um Bordeaux. (Oekon. Neuigkeiten 1837.)

Allgemeiner Theil.

Reine Chemie.

Einleitung.

Die Naturwissenschaften beschäftigen sich mit den durch die Sinne wahrnehmbaren Eigenschaften der Körper. Die Betrachtung dieser Eigenschaften kann auf verschiedene Weise stattfinden. Bezieht sie sich blos auf diejenigen Eigenschaften, wodurch sich gewisse Naturkörper einander ähnlich sind, und auf die Classification derselben nach dieser Aehnlichkeit, so entsteht die Naturgeschichte.

Hat sie die allgemeinen Eigenschaften der Naturkörper und deren Ursachen zum Gegenstande, so heißt sie Physik.

Handelt sie dagegen von den besondern Eigenschaften, wodurch sich das Wesen der einzelnen Körper beurkundet, so bildet sie die Chemie.

Die Chemie wird je nach der Art der Behandlung ihres Gegenstandes auf verschiedene Weise eingetheilt.

Eintheilung der Chemie.

Man nennt sie **reine** Chemie, wenn sie ausschließlich die wissenschaftliche Erweiterung ihres Gegenstandes zum Zwecke hat, **angewendete** Chemie, wenn sie ihre Erfahrungssätze auf die Vervollkommnung anderer Wissenschaften bezieht.

Man unterscheidet **theoretische** und **praktische** oder **Experimentalchemie**, je nach der Art ihres Vortrags als Lehrgegenstand, **synthetische** und **analytische** Chemie, je nachdem sie vorzugsweise auf Herstellung oder auf Zerlegung chemischer Verbindungen ausgeht.

Sie heißt **allgemeine** Chemie, wenn sie sich mit den allgemeinen Gesetzen der Verbindung und Trennung der Körper in ihre Bestandtheile, mit ihrer Eintheilung, Nomenclatur und den chemischen Operationen beschäftigt.

Die **spezielle** Chemie aber handelt von den einzelnen Stoffen und ihren Verbindungen insbesondere. Sie heißt:

Anorganische Chemie, wenn sie sich mit den im Mineralreiche vorkommenden Körpern beschäftigt.

Die **organische** Chemie dagegen hat die Erzeugnisse der Lebenskraft und die daraus dargestellten Verbindungen zum Gegenstande. Sie wird wieder abgetheilt in

Zoochemie, oder die Chemie der Thierstoffe, und

Phytochemie, oder die Chemie der Pflanzenkörper.

Beide lassen sich ferner wieder eintheilen in angewendete und reine Thier- und Pflanzenchemie, je nachdem sie Anwendung auf andere Wissenschaften finden oder nicht. So wird die Pflanzenchemie zur **Agriculturchemie**, wenn sie die chemische Erklärung des Vegetationsprozesses auf den Ackerbau bezieht.

Die Forstchemie beschäftigt sich mit der Untersuchung der Bestandtheile und dem Lebensprozesse der Forstpflanzen, sowie mit der chemischen Begründung ihrer Cultur und der Darstellung der im Bereiche des Forstmannes aus den Holzgewächsen zu erzielenden Kunstprodukte.

Bedarf es auch zur chemischen Begründung der Forstwissenschaft nur einzelner Theile der speziellen Chemie, so setzen doch diese einestheils die allgemeinen Gesetze der Chemie voraus, andererseits ist zur vollkommenen Erfassung der auf das Forstfach bezüglichen Theile der speziellen Chemie auch die wenigstens übersichtliche Kenntniß der übrigen unentbehrlich. Es muß demnach dem Vortrage über Forstchemie sowohl der allgemeine, als spezielle Theil der reinen Chemie vorangeschickt werden, wenn er in einem dem Systeme der Forstwissenschaft entsprechenden Zusammenhange gegeben werden soll.

I. Allgemeine Chemie.

Begriff von Chemie.

Die Chemie ist, wie bereits angedeutet worden, die Wissenschaft von den Eigenschaften der Körper, welche sich auf die Verschiedenartigkeit ihres Wesens beziehen. Diese Eigenschaften bestehen in Erscheinungen, welche mit der Aenderung des Wesens der Körper auftreten, sie ergeben sich nicht unmittelbar, sondern erst nach Herbeiführung gewisser Umstände, während die allgemeinen Eigenschaften der Körper von den Sinnen unmittelbar wahrgenommen werden. Letztere ändern sich für die einzelnen Körper mehr der Quantität, erstere aber der Qualität nach. In Bezug auf die Wissenschaften, welche sich mit den Ursachen dieser beiden Arten von Eigenschaften beschäftigen, heißen erstere die **chemischen**, letztere die **physikalischen Eigenschaften.** Sind auch zur Erkennung der Natur oder des Wesens eines Körpers die chemischen Eigenschaften allein entscheidend, so werden doch dieselben durch die physikalischen Eigenschaften häufig modificirt und die Erkennung der Körper durch die Vergleichung dieser Eigenschaften unterstützt und erleichtert. Man läßt daher bei Beschreibung der Körper den chemischen Eigenschaften jedesmal die physikalischen vorangehen, und es ist deshalb die Physik als eine Vorbereitungswissenschaft für die Chemie zu be-

trachten, obgleich auch diese wieder in vielen Beziehungen nicht ohne chemische Erklärungen bestehen könnte.

Zur Erforschung des Wesens eines Körpers, oder um zu erfahren, was er ist, oder woraus er besteht, sucht man in sein Inneres zu dringen, man zertheilt oder zerlegt ihn daher. Man findet die dadurch erhaltenen Theile entweder blos ihrer Form und Größe nach verschieden, ihrem Wesen nach aber dem Ganzen, woraus sie entstanden, und demnach auch unter sich gleich; sie heißen die **gleichartigen Theile** eines Körpers — oder sie sind in ihren wesentlichen Eigenschaften weder einander selbst, noch dem Ganzen gleich und heißen dann **ungleichartige Theile** oder die **Bestandtheile des** Körpers. Man erhält die gleichartigen Theile eines Körpers durch Einwirkung auf die Cohäsionskraft oder durch Aufhebung des Zusammenhangs mittelst mechanischer Einwirkung, die letzteren aber durch Einwirkung auf die chemischen Kräfte, durch Aufhebung der chemischen Anziehung. Die Verbindung der gleichartigen Körper wird durch die Cohäsionskraft vermittelt, die der ungleichartigen durch Erregung der chemischen Anziehung.

Bestandtheile der Körper.

Zerbricht man z. B. einen Krystall von schwefelsaurem Eisenoxydul in Stücke, so können die einzelnen Stücke unter einander der Form, müssen aber vom Ganzen der Größe nach verschieden sein, dem Wesen nach aber sind sie gleich; sie bestehen wie das Ganze, aus dem sie entstanden, aus schwefelsaurem Eisenoxydul. Die kleineren Stücke sind die gleichartigen Theile des großen. Zerlegt man den Körper aber durch Einwirkung auf die chemische Anziehung seiner Theile, so erhält man zwei neue Körper, welche sich von einander selbst und dem Ganzen, woraus sie entstanden, wesentlich unterscheiden; man erhält Schwefelsäure und Eisenoxydul durch Zerlegung des schwefelsauren Eisenoxyduls, welche sich auch schon durch ihre physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Die Schwefelsäure ist eine Flüssigkeit, das Eisenoxydul ein fester, in Wasser unlöslicher, das schwefelsaure Eisenoxydul aber ein fester, in Wasser leicht löslicher Körper. Um die gleichartigen Theile, die kleinen Stücke des zerbrochenen Krystalls, wieder mit einander zu verbinden, zertheilt man sie noch mehr; man löst sie in Wasser und entzieht dann durch Abdampfen das Lösungsmittel, das Wasser; so erhält dadurch wieder die Cohäsionskraft über die Vertheilung, über die Löslichkeit das Uebergewicht, und man bekommt wieder einen Krystall. Sind aber diese gleichartigen Theile noch nicht vorhanden, so muß der Körper erst durch chemische Anziehung entstehen, welche erfolgt, wenn die ungleichartigen Stoffe: Schwefelsäure und Eisenoxydul, in unmittelbare Berührung kommen, während diese Anziehung nicht erfolgen würde, wenn andere Körper vorhanden wären, welche sie aufheben, z. B. Kali.

Insofern die Natur eines Körpers nur dann mit Sicherheit erkannt werden kann, wenn er als Bestandtheil eines zusammengesetzten Körpers aus der Verbindung heraustritt, oder indem er zum Bestandtheil eines zusammengesetzten Körpers gemacht wird — mit einem andern Körper eine Verbindung eingeht — so betrachtet die Chemie alle Körper als Bestandtheile von Verbindungen.

Eintheilung der Bestandtheile der Körper.

Die Bestandtheile, welche man bei der Zerlegung der Körper erhält, können oft selbst wieder in mehrere Bestandtheile getheilt werden. Man nennt die Bestandtheile, welche man bei der ersten Zerlegung erhält, die **näheren**, die bei weiterer Zerlegung der letzteren erhaltenen aber die **entfernteren Bestandtheile**. Durch fortgesetztes Zerlegen kommt man endlich auf Stoffe, welche sich, wenigstens bis jetzt, mit Hülfe der Chemie nicht mehr weiter zerlegen ließen. Man nennt diese daher **einfache Körper** oder **Grundstoffe, elementare Bestandtheile** oder **Elemente** [1]). Man kennt bis jetzt 60 Elemente. Die Namen derselben sind:

Namen der Elemente.

Aluminium	Fluor	Niobium	Tellur
Antimon	Gold	Osmium	Terbium
Arsen	Ilmenium	Palladium	Thorium
Baryum	Jod	Phosphor	Titan
Beryllium	Iridium	Platin	Uran
Blei	Kalium	Quecksilber	Vanadium
Boron	Kobalt	Rhodium	Wasserstoff
Brom	Kohlenstoff	Ruthenium	Wismuth
Cadmium	Kupfer	Sauerstoff	Wolfram
Calcium	Lanthan	Schwefel	Yttrium
Cerium	Lithium	Selen	Zink
Chlor	Magnesium	Silber	Zinn
Chrom	Mangan	Silicium	Zirkon.
Didym	Molybdän	Stickstoff	
Eisen	Natrium	Strontium	
Erbium	Nickel	Tantal	

Eintheilung der Elemente.

Zur Erleichterung des Studiums hat man die Elemente in Abtheilungen zu bringen gesucht. So sehr indessen einige derselben von andern in ihren Eigenschaften abweichen, so mag man sie doch von einer Seite betrachten, von welcher man will, immer bleiben einige übrig, deren Eigenschaften ebensowohl zu einer, als zur andern Abtheilung hindeuten.

Berzelius und nach ihm die meisten Chemiker lassen sie zunächst in zwei Hauptabtheilungen zerfallen, in *Metalle* und *Nichtmetalle* oder *Ametalle*.

Die Nichtmetalle nennt Berzelius auch **Metalloide**; doch ist dieser Name nicht allgemein angenommen worden, weil die Endung *oid* eine Aehnlichkeit ausdrückt, sonach Metalloid etwas ganz Anderes bezeichnet als Nichtmetall. Früher nannte man die Leichtmetalle Metalloide, bis man übereinkam, sie den wirklichen Metallen beizuzählen. Liebig versteht unter Metalloiden eine Mittelclasse zwischen Metallen und Nichtmetallen und zählt

---

1) Unter den Elementen des Aristoteles versteht man die Repräsentanten von dem, was man jetzt Zustände nennt, *Feuer* als Repräsentant des Lichts und der Wärme, *Luft* als Repräsentant der gasförmigen, *Erde* der festen, *Wasser* der flüssigen Körper. Die Alchemisten fügten noch drei andere hinzu: *Salz* bezeichnete ihnen die Fähigkeit eines Körpers, eine Säure zu bilden, *Schwefel* war die Ursache der Brennbarkeit, und *Mercurius* bezeichnete die Metallität der Körper.

dazu Phosphor, Arsenik, Boron, Silicium, Zirkon und Aluminium. Wir folgen hier der allgemein angenommenen Eintheilung von Berzelius in zwei Abtheilungen: in Metalle und Nichtmetalle.

Metalle.

Die Metalle sind im isolirten Zustande bei gewöhnlicher Temperatur nicht gasförmig, sie sind undurchsichtig, Leiter der Elektricität und gute Wärmeleiter, besitzen Metallglanz oder nehmen ihn wenigstens durch Reiben an. Ihre niedrigste Oxydationsstufe ist eine Basis. Es sind ihrer 47.

Nichtmetalle.

Die Nichtmetalle sind durchsichtig oder durchscheinend, Nichtleiter der Elektricität, schlechte Wärmeleiter, haben ein geringes spezifisches Gewicht, welches das des Wassers nicht dreimal übersteigt, sind vorzugsweise elektronegativ und bilden daher Oxyde, welche nicht als Basen auftreten. Es gibt deren 13, wovon 3 permanent elastisch: Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, und 10 im festen Zustande vorkommen: Schwefel, Selen, Phosphor, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kohlenstoff, Boron, Silicium [1]).

Eintheilung der Elemente in elektropositive und negative.

Auch nach der elektrochemischen Theorie (vgl. unten) findet eine Eintheilung der Elemente statt. Man theilt sie danach in **elektropositive** und **elektronegative**, je nachdem sie aus ihren Verbindungen am negativen oder positiven Pol der galvanischen Säule ausgeschieden werden. Da die Begriffe positiv und negativ in Beziehung auf Elektricität nur relativ sind, so kann die Eintheilung nur auf je zwei Stoffe Anwendung finden.

Elektrochemische Reihenfolge der Elemente.

Man hat danach die Elemente in eine Reihenfolge geordnet, in welcher das erste und letzte Glied die größten elektrischen Gegensätze bilden, worin der Sauerstoff am meisten und gegen alle übrigen, also absolut elektronegativ, und umgekehrt das letzte Glied, das Kalium, am meisten elektropositiv ist, während alle übrigen nur relativ elektropositiv gegen die ihnen voranstehenden, negativ aber gegen die ihnen nachfolgenden Glieder der Reihe sind. Die bekannteren Elemente folgen sich danach in folgender Ordnung:

Sauerstoff	Boron	Quecksilber	Lanthan
Schwefel	Kohlenstoff	Silber	Thorium
Stickstoff	Antimon	Kupfer	Zirconium
Fluor	Tellur	Uran	Aluminium
Chlor	Tantal	Wismuth	Yttrium
Brom	Titan	Zinn	Beryllium
Jod	Kiesel	Blei	Magnesium
Selen	Wasserstoff	Kadmium	Calcium
Phosphor	Gold	Kobalt	Strontium
Arsen	Osmium	Nickel	Baryum
Chrom	Iridium	Eisen	Lithium
Vanadium	Platin	Zink	Natrium
Molybdän	Rhodium	Mangan	Kalium.
Wolfram	Palladium	Cerium	

1) Ueber die Eintheilung der Metalle vgl. auch Regnault in den Ann. de Chim. et de Phys. Août 1836. S. 337—388, oder pharm. Centralblatt 1837. S. 65.

Chemische Eigenschaften der Körper.

Die Veränderungen, welche sich mit dem Wesen der Körper ergeben, und die man durch eigenthümliche Erscheinungen wahrnimmt, wenn sie mit gewissen andern Körpern in Berührung kommen, versteht man, wie bereits angegeben wurde, unter den chemischen Eigenschaften der Körper; gewöhnlich bezeichnet man den Inbegriff derselben mit dem Ausdrucke **„chemisches Verhalten“**. Es wird durch Vereinigung gewisser Bedingungen (**chemischer Versuch**) ermittelt. Die Erreichung dieses Zweckes wird bedeutend erleichtert durch Berücksichtigung der wichtigeren physikalischen Eigenschaften, wie Aggregatzustand, und die Fähigkeit, ihn zu verändern (Schmelzbarkeit und Siedepunkt), Form, Oberfläche, spezifisches Gewicht, Glanz, Durchsichtigkeit, Farbe, Vermögen, die Elektricität und Wärme zu leiten, Geruch, Geschmack, Klang rc.

Chemische Verwandtschaft.

Man hat die unbekannte Ursache, warum jeder Körper gegen den andern ein verschiedenes chemisches Verhalten zeigt, mit dem Namen **„chemische Verwandtschaft (Affinität)“** bezeichnet.

Da nämlich das chemische Verhalten wesentlich darin besteht, daß alle Körper mit gewissen anderen Verbindungen einzugehen vermögen, so gründete man darauf die Ansicht, daß zwischen solchen Körpern eine gewisse Zuneigung, gegen andere eine Abneigung herrsche, welche zuerst Boerhaave mit dem bildlichen Ausdrucke Verwandtschaft bezeichnete.

Man versteht also unter chemischer Verwandtschaft das Bestreben der Körper, sich chemisch zu verbinden. Sie ist eine eigene Art der Anziehung, welche sich von den anderen Arten derselben dadurch unterscheidet, daß sie ungleichartige Körper zu gleichartigen zu vereinigen strebt, während jene die innere Constitution unverändert lassen.

Elektrochemische Theorie.

Die Atomisten halten die Verwandtschaft für identisch mit der physischen Anziehungskraft. Die Ansicht, welche die Verwandtschaft als elektrische Aufregung betrachtet, heißt die **elektrochemische Theorie.** Während man unter Elektricität eine Erscheinung versteht, welche in Folge chemischer Anziehung eintritt, wenn zwei ungleichartige Körper in unmittelbare Berührung kommen und als solche schon vor dem Eintritte der chemischen Verbindung und auch dann bemerkbar wird, wenn letztere gar nicht erfolgt — bezeichnet man mit Verwandtschaft die Fähigkeit, sich chemisch anzuziehen, im Allgemeinen, auch, wenn sie sich als solche durch auffallende Erscheinungen, wie die elektrischen sind, nicht zu äußern vermag und deshalb ihr Dasein erst aus der durch sie bewirkten chemischen Verbindung und den davon abhängigen Veränderungen in den Eigenschaften der Körper erkannt wird.

Arten der Verwandtschaft.

Je nachdem die Körper als solche Verwandtschaft äußern, oder nur ihre Bestandtheile zu denen eines andern, oder je nachdem gewisse Körper zwischen anderen erst Verwandtschaft hervorrufen, unterscheidet man folgende Arten der Verwandtschaft:

1) **Einfache** oder **mischende Verwandtschaft.** Ein Körper verbindet sich mit einem andern, ohne daß einer von beiden dabei zersetzt wird.



a verbindet sich mit b zu ab, z. B. Kalkerde und Schwefelsäure zu schwefelsaurer Kalkerde.

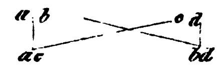
2) **Wahlverwandtschaft.** Die Körper vertauschen ihre Bestandtheile gegen andere, wählen sich gleichsam andere aus. Sie zerfällt in:

a. **Einfache Wahlverwandtschaft,** wenn nur eine Zersetzung dabei stattfindet, so, daß sich ein Körper mit einem Bestandtheile einer Verbindung vereinigt und den andern für sich zurückläßt.



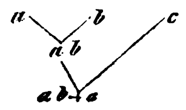
z. B. Schwefelquecksilber (Zinnober) mit Eisenfeile erhitzt, gibt Schwefeleisen und Quecksilber wird ausgeschieden.

b. **Doppelte Wahlverwandtschaft,** wenn zwei Verbindungen zersetzt werden, wobei sich jeder Bestandtheil der einen Verbindung mit einem Bestandtheile der andern vereinigt.



z. B. durch Mischen von schwefelsaurem Ammoniak und salpetersaurem Kali entsteht salpetersaures Ammoniak und schwefelsaures Kali.

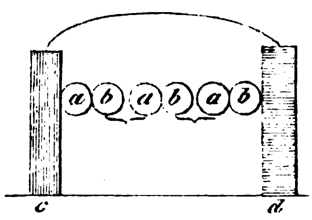
3) **Prädisponirende** oder **vorbereitende Verwandtschaft.** Ein Körper veranlaßt Verwandtschaft zwischen zwei anderen, weil er zu der aus beiden entstehenden Verbindung Verwandtschaft hat.



z. B. der Stickstoff und Sauerstoff der atmosphärischen Luft haben keine so große Verwandtschaft zu einander, daß sie sich zu Salpetersäure verbinden. Wirkt aber Kali mit, welches große Verwandtschaft zu Salpetersäure hat, so verbinden sich jene zu Salpetersäure und diese mit Kali zu salpetersaurem Kali.

4) **Verwandtschaft durch Contakt.** Ein Körper veranlaßt Verwandtschaft zwischen zwei anderen, ohne daß er sich mit der entstehenden Verbindung vereinigt. So veranlaßt Platin Verwandtschaft zwischen Wasserstoff und Sauerstoff, so daß sie sich zu Wasser verbinden, Weingeist und Sauerstoff vereinigt es zu Essigsäure. Schwefelsäure oder Diastase vereinigt Stärkemehl und Wasser zu Stärkezucker. Solche Stoffe heißen daher Contaktsubstanzen. Wird im Gegentheile eine Verbindung durch die Gegenwart eines Körpers zerlegt, so heißt die Erscheinung **Katalyse,** die Kraft, wodurch man sie sich hervorgebracht denkt, **katalytische Kraft,** von ἡ *καταλύσις*, Zerlegung. So wird Wasserstoffhyperoxyd durch Alka-

lien, durch Braunstein, Silber, Platin, Gold, Eisen ꝛc. und durch organische Körper in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, so Weingeist in Aether und Wasser durch Schwefelsäure, so in Wasser gelöster Harnstoff durch Thierschleim in kohlensaures Ammoniak.



5) **Induktive Verwandtschaft** heißt jene, welche durch die Einwirkung einer galvanischen Kette veranlaßt wird. Der eine Bestandtheil *a* einer gewissen Menge eines Körpers (Elektrolyt) verbindet sich mit einem andern Körper *c* (Elektromotor). Der andere Bestandtheil *b* des zersetzten Elektrolyten zersetzt die ihm zunächst liegende noch unzersetzte Menge des Elektrolyten und so wird die Verwandtschaft von einer Portion des Elektrolyten auf die andere übergeführt, fortgepflanzt, inducirt, bis am äußersten Ende des Elektrolyten der Bestandtheil *b* übrig bleibt und sich nun dort mit einem andern Körper *d* (Elektromotor) verbindet, welcher mit dem andern Elektromotor *c* durch einen Leitungsdraht außer der Flüssigkeit in Verbindung steht und ebenso eine Verwandtschaft in *b* erregt, wie *c* in *a*, welche sich in derselben Weise auf das bei *d* übrig bleibende *b* fortpflanzt.

6) **Einleitende Verwandtschaft.** Ein im Akte der chemischen Verbindung begriffener Körper hat die Fähigkeit, in einem andern, womit er in Berührung kommt, dieselbe Thätigkeit hervorzurufen, so, daß er sich mit einem dritten verbindet. Platin oxydirt und löst sich für sich in Salpetersäure nicht auf, wohl aber mit Silber legirtes Platin. — Kupfer nimmt für sich den Sauerstoff des mit Schwefelsäure vermischten Wassers nicht auf; ist es aber mit Zink und Nickel verbunden (wie im Argentan), welche den Sauerstoff des Wassers aufnehmen, so löst sich auch das Kupfer vollständig mit auf. — Umgekehrt kann aber auch die Zersetzung durch einen bereits in Zersetzung begriffenen Körper in einem andern eingeleitet werden; so leitet Hefe die Zersetzung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure ein. Die Erklärung dieser Verwandtschaft s. unten: „Wie die Wirkung des Ferments zu erklären sei?“ bei der Weingährung.

Chemische Verbindung.

Wenn zwei ungleichartige, chemisch verwandte Körper in gegenseitige unmittelbare Berührung kommen, so verbinden sie sich zu einem dritten gleichartigen. Durch das Aufhören der Existenz zweier Körper bei ihrer gegenseitigen Durchdringung entsteht durch Umwandlung ein neuer. Beide lösen sich vollständig in Eins auf, was erst wieder durch chemische Analyse entzweit wird, so, daß die erstern Körper wieder entstehen. Man versteht demnach unter **chemischer Verbindung** die Ausgleichung ungleichartiger Körper zu einem gleichartigen. Nach der atomistischen Ansicht legen sich die kleinsten Theile der ungleichartigen Körper mit ihrer unveränderten Natur blos neben einander (Juxtaposition). Die erstere (dynamische) Ansicht ist die bessere, weil sie die bei der chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen besser erklären läßt.

Wenn bei der chemischen Verbindung aus heterogenen Stoffen eine homogene Masse entsteht, so hängt damit nicht blos eine Abänderung der chemischen, sondern auch der physikalischen Eigenschaften zusammen. Aus den beiden geruchlosen festen Substanzen, der dunkel gefärbten Kohle und dem gelben Schwefel, entsteht bei ihrer chemischen Verbindung der Schwefelkohlenstoff, eine wasserhelle, farblose Flüssigkeit von äußerst üblem Geruche; aus dem geschmacklosen Sauerstoff und fast geschmacklosen Schwefel die höchst saure und ätzende Schwefelsäure.

Sowohl das Produkt als der Akt dieser Vereinigung heißt chemische Verbindung, **Mischung** oder **Gemisch**, welches sich vom **Gemenge** dadurch unterscheidet, daß es homogen ist, während bei Letzterem heterogene Körper im feinzertheilten Zustande sich neben und unter einander befinden, wohin auch die Auflösung gehört.

Unterschied zwischen Auflösung und chemischem Prozesse.

Kann auch mit der chemischen Verbindung zugleich eine Auflösung stattfinden, so unterscheidet sich doch die chemische Verbindung von der einfachen Auflösung:

1) Durch die bei einer chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen (vgl. die Erscheinungen beim chemischen Prozesse);

2) durch vollkommene Abwesenheit der Eigenschaften, welche die Bestandtheile vor ihrer Verbindung besaßen.

Beiden Kennzeichen fehlt indeß zuweilen hinreichende Deutlichkeit. Für alle Fälle entscheidet hingegen:

3) Daß die Mengen der Bestandtheile einer chemischen Verbindung jederzeit und unter allen Bedingungen in genau demselben Zahlenverhältnisse zu einander stehen (vgl. Stöchiometrie), während in bloßer Auflösung befindliche Stoffe innerhalb gewisser Grenzen in den verschiedensten Verhältnissen zu einander stehen können.

Chemische Zersetzung.

Das Gegentheil der chemischen Verbindung ist die **Zersetzung**; man versteht also unter Letzterer die Zerlegung eines gleichartigen Körpers in ungleichartige Theile. Kann die zersetzte Verbindung durch Wiedervereinigung dieser Bestandtheile nicht wieder hergestellt werden, wie bei vielen organischen Stoffen, so heißt die Zersetzung auch **Zerstörung**.

In gleichartige Theile werden die Körper durch mechanische Kräfte zerlegt, welche größer sind als die Cohäsionskraft, vermöge welcher sie ein Ganzes bilden, in ungleichartige dagegen durch eine Kraft, welche die Kraft der chemischen Verwandtschaft, vermöge der sie ein gleichartiges Ganzes bilden, zu überwinden vermag. Dies geschieht entweder durch physikalische Kräfte der Materie, wie Expansion, oder, wie bei Weitem in den meisten Fällen, durch einen höheren Grad der Verwandtschaft. Um daher eine chemische Verbindung zu zersetzen, braucht sie nur mit einem Körper in Verbindung zu kommen, wozu einer ihrer Bestandtheile größere Verwandtschaft besitzt, als diese zu einander selbst; erstere verbinden sich mit einander und die Verbindung ist zersetzt.

Die Erfahrung hat noch keine Verbindung nachgewiesen, welche nicht zersetzbar wäre. Doch wäre es möglich, daß manche bis jetzt unzerlegte

Stoffe (Elemente) Verbindungen von solcher Innigkeit sind, daß sie den bisherigen Trennungsversuchen widerstanden.

Edukte und Produkte.

Die heterogenen Stoffe, in welche eine Verbindung zerfällt, heißen **Edukte**, wenn sie als solche in der Verbindung enthalten waren, also rein ausgeschieden wurden, d. h. sich weder mit dem zersetzenden Stoffe, noch mit einem der Bestandtheile des zersetzten Körpers verbinden, und **Produkte**, wenn sie während der Zersetzung neue Verbindungen eingegangen haben. So ist die Kohlensäure, welche sich beim Einwirken der Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk entwickelt, ein Edukt, der dabei entstehende schwefelsaure Kalk dagegen ein Produkt.

Chemischer Prozeß.

Chemischer Prozeß heißt jene Bewegung, welche chemische Verbindungen und Scheidungen veranlaßt. So ist z. B. bei der Zersetzung von salpetersaurem Baryt durch Schwefelsäure die Ausscheidung von Salpetersäure und die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Baryt ein chemischer Prozeß, welcher die Zersetzung von salpetersaurem und die Bildung von schwefelsaurem Baryt zur Folge hat.

Erscheinungen beim chemischen Prozesse.

Die durch den chemischen Prozeß eintretenden Veränderungen heißen **chemische Erscheinungen**. Die gewöhnlichsten sind folgende:

Wärmeentwickelung. Je nach der Heftigkeit, womit eine Verbindung oder Zersetzung vor sich geht, ist dieselbe von einer mehr oder weniger bedeutenden Temperaturerhöhung begleitet. Die Körper dehnen sich bei ihrer gegenseitigen Durchdringung aus; es muß also mit dem Wiederaufhören derselben Wärme frei werden, welche sich in manchen Fällen bis zum Glühen steigert. So erhitzt sich trockene Strontianerde beim Uebergießen mit concentrirter Schwefelsäure bedeutend, Baryt und Magnesia kommen dabei sogar auf einige Zeit ins Glühen. Kalium, in Wasser geworfen, verbindet sich mit dessen Sauerstoff unter Feuerentwickelung. 2 Theile Terpentinöl brechen beim Zusammentreffen mit einer Mischung von 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und 2 Theilen Salpetersäure mit Heftigkeit in Flammen aus. Das chlorsaure Kali, mit leicht oxydirbaren Stoffen gemischt, zersetzt sich beim Reiben ebenfalls unter Feuerentwickelung. Aber nicht blos bei Verbindungen, sondern auch bei Zersetzungen bemerkt man oft sehr bedeutende Wärmeentwickelung; so ist die heftige Zersetzung, welche eintritt, wenn Chlorstickstoff bis 96 oder 100° C. erwärmt wird, von einer Feuererscheinung begleitet, obgleich keinerlei Verbindung, sondern einfach eine Zersetzung in Chlor und Stickstoff dabei stattfindet. Selbst bei gewissen eigenthümlichen Abänderungen mancher Verbindungen, wobei sie übrigens keine Veränderung in ihrer Zusammensetzung zu erleiden scheinen (isomere Modification, vgl. Isomerie), tritt bisweilen Feuererscheinung ein. Erhitzt man Zirkonerde oder Chromoxyd bis zum anfangenden Rothglühen, so entsteht eine augenblickliche Feuererscheinung, nach welcher dieselben in Säuren unlöslich sind, ohne in ihrer Zusammensetzung geändert zu werden.

Verpuffung (Detonation). Man versteht darunter das Geräusch, welches durch heftige Reibung der Luft entsteht, wenn ein gasförmiger Körper plötzlich aus einer festen Verbindung in Freiheit gesetzt wird. Eine

Verpuffung, welche so heftig ist, daß durch die dabei erfolgende Ausdehnung von Luftarten Gefäße oder überhaupt in der Nähe befindliche Gegenstände zertrümmert und umhergeschleudert werden, heißt **Explosion**. Ein geringerer Grad der Verpuffung ist das **Aufbrausen**, welches entsteht, wenn ein Gas sich allmälig, aber doch mit einem schwachen Geräusch aus einer Flüssigkeit entwickelt; man nennt es **Perlen**, wenn die Gasentwickelung zwar langsam, aber in größeren Bläschen erfolgt.

Die **Fällung, Niederschlagung** oder **Präcipitation** erfolgt, wenn durch Verbindung zweier aufgelöster Körper ein unauflöslicher entsteht, oder bei der Zersetzung einer Verbindung ein für sich unauflöslicher Körper ausgeschieden wird. Der unauflösliche Körper trübt anfangs die Flüssigkeit und setzt sich dann unter Aufhellung derselben am Boden des Gefäßes ab. Bisweilen schwimmt er zuerst auf der Oberfläche, durch eingeschlossene Luftbläschen emporgehoben, fällt aber später doch noch zu Boden. Nur in seltenen Fällen ist er an und für sich leichter als die Flüssigkeit und bleibt dann an der Oberfläche, wie die ausgeschiedenen Fettsäuren (Stearin-, Margarin-, Elainsäure).

Das **Zerfallen** findet nur bei wenigen Körpern statt, z. B. beim Kalk, wenn derselbe Wasser und Kohlensäure aus der Luft anzieht. Auch das **Verwittern**, das Zerfallen der Körper durch Einwirkung der Luft (gleichsam der Witterung), gehört hierher; es findet bei Zersetzungen statt, wie beim Verdunsten des Krystallwassers mancher Salze an der Luft, z. B. beim krystallisirten kohlensauren Natron. Der Feldspath verwittert durch den Verlust seines Alkaligehaltes.

Auch das **Zerfließen** rechnet man hierher. Es ist aber nur die Folge einer einfachen Auflösung durch Wasseranziehung hygroskopischer Substanzen aus der Luft.

Die manchfaltigen Bedingungen, unter welchen sich die verschiedenen Stoffe chemisch verbinden und die Verbindungen derselben wieder zersetzt werden, sind der Hauptsache nach von folgenden Gesetzen abhängig:

Affinitätsgesetze bei chemischen Verbindungen.

1) Jeder einfache, d. h. bis jetzt noch unzerlegte Stoff kann sich mit anderen verbinden, aber meistens nicht mit *allen*, vielleicht weil man sie noch nicht unter den erforderlichen Umständen damit in Berührung gebracht hat, vielleicht auch blos deswegen, weil andere entgegenwirkende Naturkräfte, wie Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität das Uebergewicht haben.

2) Nur Körper von *gleicher* Stufe der Zusammensetzung bilden feste Verbindungen, nur einfache mit einfachen rc.; doch verhalten sich in dieser Beziehung einige zusammengesetzte Körper, wie Cyan, Ammonium, wie Elemente. Auch nehmen manche Verbindungen noch gewisse Antheile eines ihrer Bestandtheile auf. So verbindet sich einfach schwefelsaures Kali mit einem weitern Antheile Schwefelsäure zu doppelt schwefelsaurem Kali und umgekehrt Letzteres mit einem Antheile Kali zu einfach schwefelsaurem.

3) Gewöhnlich verbinden sich Körper nur dann sehr fest, wenn Beide einen *gemeinschaftlichen* Bestandtheil haben.

4) Bei *doppelter* Zersetzung ist die Verwandtschaft größer, als beim

unmittelbaren Zusammentritte der Stoffe. Schwefel und Wasserstoff verbinden sich nicht direct, wohl aber bei der Zersetzung einer Schwefelverbindung durch Wasser.

5) Wenn zwei Körper Verwandtschaft zu einer Verbindung haben, so theilen sie sich in sie. So verbindet sich Natron beim Zusammenbringen mit doppeltweinsteinsaurem Kali mit einem Theil der Weinsteinsäure.

6) Die Affinität wirkt nicht in die Ferne, die zu verbindenden Stoffe müssen in unmittelbare Berührung gebracht werden, damit sie sich durchdringen können. Es wird daher oft die Einwirkung eines Körpers auf den andern gehemmt, weil die entstandene Verbindung letzteren so umhüllt, daß ersterer außer Berührung mit ihm kommt. Es erfolgt daher die Verbindung der Schwefelsäure mit Kalk nur langsam, wenn er einmal von einer Schichte unlöslichem schwefelsauren Kalk umhüllt ist.

7) Die Affinität wirkt nicht wie die Adhäsion blos auf die Oberfläche, sondern auf die ganze Masse, sie hat sonach die Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität zu überwinden.

8) Es muß daher gewöhnlich — wenigstens einer der zu verbindenden Stoffe flüssig, in einer Flüssigkeit aufgelöst, geschmolzen sein. Daher die alte Regel: Corpora non agunt, nisi fluida. Feste Körper verbinden sich nur schwierig, weil sie an zu wenig Punkten in Berührung kommen. Die höchst dünne Schichte der Verbindung, welche sich bilden kann, hindert als Scheidewand die gegenseitige Berührung, z. B. Kleesäure und Kalk. Werden indessen durch anhaltendes Reiben die Berührungspunkte erneuert, so erhält man eine chemische Verbindung, so bei feinzertheiltem Kupfer und Schwefel. Am leichtesten erfolgt die Verbindung, wenn beide Körper flüssig sind.

9) Oft ist Temperaturerhöhung erforderlich, auch wenn einer oder beide Stoffe flüssig sind, meistens aber befördert sie wenigstens die Verbindung. Fester und geschmolzener Schwefel verbindet sich nicht mit Kohle, wohl aber Schwefeldampf mit glühender Kohle. Kohle verbindet sich nur glühend mit Sauerstoff; Sauerstoff mit Wasserstoff nur, wenn sie durch einen glühenden Körper erhitzt werden. Nur wenige Verbindungen erfolgen leichter bei niedrigerer Temperatur. So absorbirt kaltes Wasser leichter Chlorgas als warmes, weil in letzterem die Expansion des Gases überwiegend wird.

10) In einigen Fällen kann das Licht eine höhere Temperatur ersetzen. So vereinigt sich Chlorgas mit Wasserstoffgas zu salzsaurem Gase, ebenso mit Kohlenoxydgas bei gewöhnlicher Temperatur nur unter Einwirkung des Lichtes. Sehr schwach gefärbtes Fensterglas färbt sich am Lichte in einem Jahre purpur, wahrscheinlich durch höhere Oxydation des darin enthaltenen Mangans, während es im Dunkeln blaß bleibt.

11) Auch die Elektricität begünstigt die Verbindung vieler Stoffe, wobei sie vorzüglich durch Temperaturerhöhung, aber auch durch Compression wirkt. So bewirkt der elektrische Funke beim Durchschlagen die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff.

12) Gasförmige Körper, deren Elasticität im gewöhnlichen Zustande größer ist als ihre Verwandtschaft zu festen oder flüssigen, verbinden sich nur dann mit diesen, wenn sie in dem Augenblicke mit ihnen in Berührung kommen, wo sie sich von einem flüssigen oder festen Körper trennen, im Entbindungsmoment (in statu nascenti). Die Verbindung des Wassers mit Sauerstoff zu Hyperoxyd entsteht nicht direct, sondern nur bei der Entwickelung von Sauerstoff aus Baryumhyperoxyd durch Salzsäure.

13) Die chemische Verbindung erfolgt um so schneller, je weniger ein fester Körper im Verhältnisse zu einem flüssigen, oder ein gasförmiger im Verhältnisse zu einem flüssigen oder festen beträgt, je mehr die Cohäsion eines festen Stoffes durch Erwärmung, oder die Elasticität eines gasförmigen durch Erkältung und Compression verringert wird, und je mehr endlich durch Zerkleinern des festen Körpers und durch Schütteln und Reibung die Berührungspunkte vermehrt werden; ferner je größer die Affinität und je geringer die Cohäsion und Differenz im specifischen Gewichte, je leichter die Stoffe durcheinander vertheilbar und je flüssiger die neue Verbindung.

14) Je inniger die Verbindung, um so größer ist in der Regel die dabei erfolgende Abänderung in den Eigenschaften der sich verbindenden Körper. Bei losen Verbindungen beträgt sie oft nur so viel als nöthig ist zur Ausgleichung der Verschiedenartigkeit, während die Eigenschaften einer innigen Verbindung fast in jeder Beziehung von denen der Bestandtheile abweichen, wie z. B. bei der Verbindung des Quecksilbers mit Schwefel zu Zinnober.

15) Bei den meisten chemischen Verbindungen vermehrt sich die Dichtigkeit, die Verbindung nimmt einen kleinern Raum ein als die Bestandtheile vor der Verbindung; seltner erfolgt Ausdehnung, oder keines von Beiden. Bei der Vereinigung der Gase zu gasförmigen Verbindungen erfolgt meist Verdichtung und zwar immer nach einfachen Maßverhältnissen. So verbinden sich 2 Volume Wasserstoff mit 1 V. Sauerstoff zu 2 V. Wassergas, 1 V. Stickstoff mit 3 V. Wasserstoff zu 2 V. Ammoniakgas, 1 V. Arsengas mit 3 V. Sauerstoff zu 1 V. arseniger Säure, 1 V. Schwefelgas mit 9 V. Sauerstoff zu 6 V. Schwefelsäure. Bei mehreren erfolgt keine Veränderung des Volums, so daß die Verbindung das mittlere specifische Gewicht der Bestandtheile besitzt. So verbindet sich 1 V. Stickstoff mit 1 V. Sauerstoff zu 1 V. Stickstoffoxydgas, 1 V. Chlorgas mit 1 V. Wasserstoffgas zu 2 V. Salzsäure. Nur eine Verbindung gasförmiger Stoffe ist bekannt, bei welcher Ausdehnung erfolgt: 1 V. Schwefelgas verbindet sich mit 6 V. Quecksilbergas zu 9 V. Schwefelquecksilbergas. Auch bei festen und flüssigen Körpern tritt selten Ausdehnung und dann nur eine sehr schwache ein, so bei der Verbindung von Jod mit Kalium, Blei, Quecksilber oder Silber, von Schwefel mit Arsenik zu rothem Schwefelarsenik, eine starke dagegen bei Verbindung von Schwefel mit Kohlenstoff. Ausdehnung und Verdichtung zeigt jedoch

hier kein so einfaches Verhältniß wie bei den Gasen, welche alle bei gleicher Temperatur gleiche Ausdehnung haben.

16) Der **Aggregatzustand** verändert sich so, daß a. eine feste Verbindung entstehen kann aus 2 Gasen (**Condensation**), so Salmiak aus Ammoniak- und salzsaurem Gas; aus einem gasförmigen und einem tropfbarflüssigen (**Verschluckung, Absorption**), so Quecksilberoxyd aus Sauerstoffgas und Quecksilber; aus einem gasförmigen und einem festen (ebenfalls **Absorption**), so Eisenoxyd aus Sauerstoff und Eisen; aus 2 tropfbaren, so Quecksilberbromid aus Quecksilber und Brom; aus einem tropfbaren und festen, so Kalkhydrat aus Wasser und Kalk; b. eine tropfbare Verbindung aus 2 Gasen (**Condensation**), so Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff; aus einem gasförmigen und tropfbaren (**Absorption**), so wässerige Salzsäure aus Salzsäuregas und Wasser; aus einem gasförmigen und einem festen (**Absorption**), so Zinnchlorid aus Chlor und Zinn; aus zwei Flüssigkeiten (**Mischung** im engsten Sinne), so Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel; aus zwei festen Körpern, so Kohlenstoff und Schwefel; c. eine bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdruck gasförmige Verbindung entsteht nur aus zwei permanenten Gasen, so Wasserstoff- und Stickstoffgas; aus einem permanenten und unbeständigen Gase, so Wasserstoff und Salzsäuregas; aus einem permanenten Gase und einer tropfbaren Flüssigkeit, so Wasserstoff und Brom, oder aus einem permanenten Gase und einem festen Körper, Sauerstoff und Kohlenstoff.

17) Die **Schmelzbarkeit** der Verbindungen ist meistens größer als die ihrer Bestandtheile. So hat das Platinnickel die Schmelzbarkeit des Kupfers, obgleich Platin und Nickel für sich weit weniger schmelzbar sind. Die Legirungen von Blei und Zinn, Blei und Wismuth rc. schmelzen gleichfalls viel leichter als jedes dieser Metalle für sich. Das Eisen wird durch Verbindung mit dem unschmelzbaren Kohlenstoff (im Stahl und Gußeisen) leichter schmelzbar als das Eisen für sich. So schmelzen für sich unschmelzbare Erden, wie Baryt, Strontian, Kalk, Bittererde, Alaunerde in Verbindung mit der fast unschmelzbaren Kieselerde. Manche Schwefelmetalle hingegen sind schwerer schmelzbar als ihre Bestandtheile, wie Schwefel-Kalium, -Zink, -Quecksilber.

18) Die **Flüchtigkeit** der Verbindungen ist meistens geringer als die ihrer Bestandtheile. Bisweilen ist sie wenigstens größer als die eines ihrer Bestandtheile, so bei den Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, des Schwefels mit Sauerstoff und Wasserstoff, des Bleies, Silbers, Eisen rc. mit Chlor; sehr selten ist die Verbindung flüchtiger als jeder ihrer Bestandtheile, wie der Schwefelkohlenstoff.

19) Die größte Veränderung tritt mit dem **chemischen Verhalten** und mit den **physiologischen Wirkungen** ein. Bald werden auffallende chemische und physiologische Eigenschaften hervorgerufen, bald aufgehoben. Schwefel und Sauerstoff zeigen keine Affinität gegen Salzbasen, die aus beiden entstehende Schwefelsäure dagegen sehr starke. Beide lassen blaue Lackmusfarbe unverändert, Schwefelsäure röthet sie. Während

Erstere geschmacklos und nicht ätzend sind, schmeckt die Letztere sauer und ätzt. Viele Metalle werden erst zu Giften durch die Verbindung mit Sauerstoff, Chlor rc., wie Silber, Quecksilber, Gold. Die Aufhebung ausgezeichneter physiologischer Eigenschaften kommt vorzüglich bei der Verbindung der Säuren mit den Salzbasen vor. Salzsäure riecht und schmeckt sehr sauer und röthet Lackmus; Ammoniak riecht und schmeckt stechend alkalisch und bläut Lackmus, beide wirken — aber auf verschiedene Weise — ätzend auf den Organismus, während der aus beiden verbundene Salmiak salzig schmeckt und überhaupt keine dieser Eigenschaften besitzt.

Affinitätsgesetze bei chemischen Zersetzungen.

20) Überwiegende Cohäsion zersetzt chemische Verbindungen. Je größer die Cohäsion des abzuscheidenden Stoffes und der entstehenden Verbindung, desto leichter erfolgt die Zersetzung; je größer dagegen die Cohäsion des zersetzenden Körpers und der zu zersetzenden Verbindung, ein desto größeres Übergewicht der Verwandtschaft ist nöthig zur Zersetzung. Zwei in Wasser gelöste Salze zersetzen sich nur, wenn wenigstens das eine der entstehenden Salze weniger löslich, also cohärenter ist als jedes der beiden ursprünglichen. Kein unlösliches Salz zersetzt sich mit einem löslichen in zwei lösliche, dagegen bilden zwei lösliche oft ein minder lösliches und ein unlösliches.

21) Auch die Adhäsion vermag lose chemische Verbindungen aufzuheben. Beim Filtriren des Essigs durch Quarzsand ist die zuerst durchgehende Flüssigkeit aller Säure beraubt. Mit Wasser verdünnter Kartoffelbranntwein liefert dabei zuerst reines Wasser, dann wieder Weingeist, aber ohne Fuselöl, dann das unveränderte Gemisch. Auch Holzspäne entziehen dem Essig anfangs fast alle Säure, noch stärker wirkt die Holzkohle, und es beruht auch darauf ihre entfärbende Kraft auf verschiedene Flüssigkeiten. Auch die Entwässerung des Weingeists durch Thierblase gehört hierher.

22) Die Lebenskraft der Thiere und Pflanzen vermag ebenfalls chemische Verbindungen zu zersetzen. Grüne Pflanzentheile zersetzen bei Einwirkung des Lichts die Kohlensäure der Luft unter Sauerstoffentwickelung.

23) Die meisten und wichtigsten Zersetzungen veranlaßt überwiegende Affinität unter den Bedingungen, welche für die chemische Verbindung gelten.

24) Oft erfolgt, auch wenn der eine Stoff flüssig ist, nicht eher Zersetzung, als bis eine gewisse Menge Wasser zugesetzt wird, weil das in concentrirten Säuren und ihren Mischungen mit Weingeist unlösliche Zersetzungsprodukt den festen Körper so umhüllt, daß die Flüssigkeit nicht mehr einwirken kann. Eine Mischung von 1 Theil Vitriolöl und 6 Theilen absolutem Alkohol zersetzt kein trockenes kohlensaures Salz.

25) Wie bei der Verbindung kann auch bei der Zersetzung Licht und Elektricität eine höhere Temperatur ersetzen. Viele Metalle entwickeln ihren Sauerstoff im Lichte ganz oder theilweise. So zersetzt sich braunes Bleihyperoxyd in rothes und Sauerstoff, Silberoxyd in Metall und Sauerstoff, Salpetersäure in salpetrige Säure und Sauerstoff und wird daher gelb an der Sonne.

Affinitätsgesetze für Abänderung der Verwandtschaft.

Unter gleichen Umständen treten immer dieselben Zersetzungen ein, veränderte Umstände kehren aber bisweilen die Verwandtschaft um (**wechselseitige Verwandtschaften**). Es gelten hierfür folgende Gesetze:

26) Jeder Theil einer Masse ist chemisch thätig; je mehr also solcher Theile sind, um so größer die Gesammtthätigkeit. Ein Überschuß des einwirkenden Körpers kann daher die Verwandtschaft bisweilen umkehren. Die Verwandtschaft der Schwefelsäure zu Kali ist größer als die der Salpetersäure, aber vermehrte Menge der letztern zersetzt schwefelsaures Kali.

27) Die Adhäsion zwischen zwei Gasen oder einem Gase und einem festen oder flüssigen Körper kann eine entgegengesetzte Verwandtschaft hervorrufen. Kohlensaurer Kalk verliert durch Glühen an der Luft seine Kohlensäure vermöge deren Adhäsion zur atmosphärischen Luft, während Ätzkalk in einem Strome kohlensaurem Gas gleich stark geglüht, dieses reichlich aufnimmt.

28) Die prädisponirende Affinität des Lösungsmittels und die Unlöslichkeit des Produkts können ebenfalls in manchen Fällen die Verwandtschaft umkehren. Kohlensaurer Kalk wird durch wässerige Salzsäure zerlegt, durch eine Auflösung von Weingeist in Salzsäure nicht wegen der prädisponirenden Affinität des Lösungsmittels zum einwirkenden Körper, zur Salzsäure.

29) Auch die Temperatur ändert bisweilen die Affinität. Kohlensaurer Baryt und schwefelsaures Natron zersetzen sich bei gewöhnlicher Temperatur; es entsteht schwefelsaurer Baryt und kohlensaures Natron. Werden dagegen die beiden letztern zusammengeschmolzen oder mit Wasser gekocht, so entstehen wieder die beiden erstern Verbindungen.

Affinitätsgesetze, ihre Größe betreffend.

Zur Bestimmung der absoluten, in Zahlen ausdrückbaren Größe der Affinität im Verhältnisse zu andern Naturkräften fehlen bis jetzt noch die Mittel. Die relative Affinitätsgröße, d. h. die gegenseitig verglichene Affinitätsgröße der einzelnen Körper ohne Rücksicht auf andere Naturkräfte ist zwar auch noch nicht in Zahlen, aber doch insofern ermittelt, daß man mit einiger Sicherheit angeben kann, in welcher Ordnung sich die Affinitäten verschiedener Stoffe gegen einen bestimmten Stoff der Stärke nach folgen. Bei den Verbindungen fixer Körper mit flüchtigen nimmt man an, daß die Affinität zwischen beiden um so größer sei, eine je höhere Temperatur zur Zersetzung erforderlich ist. Bei den übrigen Verbindungen, daß, wenn eine Verbindung aus zwei Stoffen (A, B) durch einen dritten (C) zersetzt wird, dieser zu dem einen der erstern (A) eine größere Verwandtschaft hat — da er sich damit verbindet — als der andere (B) zum erstern (A). Wird die Verbindung wieder durch einen vierten Körper D zerlegt durch dessen Verbindung mit A und diese wieder durch E rc., und setzt man A oben an und darunter die andern Stoffe B, C, D, E, wie ihre Affinität abnimmt, so erhält man eine **Affinitätscolumne** von A. Mehrere solcher Columnen für verschiedene Körper zusammengestellt bilden eine **Verwandtschaftstabelle.** (Solche Tabellen sind: Bergens und Höch-

heimer Tabellen über die chemische Verwandtschaft der Körper ꝛc. Frankfurt a. M., Eichenberg. 1790; ferner in L. Schnaubert's Untersuchung der Verwandtschaft. Erfurt, Henning. 1803; Kastner's Grundzüge der Physik und Chemie. 2. Aufl. Nürnberg 1832. I. 144.; in Leop. Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie. 4. Aufl. Heidelberg 1842).

Für die Affinitätsgröße gelten folgende allgemeine Gesetze:

30) Wenn ein Stoff verschiedene Mengen von einem andern aufzunehmen vermag, so bindet er die kleineren Mengen davon stets fester als die größeren. Bleihyperoxyd wird in schwacher Glühhitze unter Sauerstoffentwickelung zu Mennige, und diese wieder durch stärkere Hitze zu gelbem Oxyd, dieses aber auch durch die stärkste Hitze nicht weiter reducirt.

31) Je einfacher die Stoffe, um so größer ihre gegenseitige Affinität. Die Elemente haben demnach die größte Verwandtschaft zu einander und sehr vielfach zusammengesetzte Körper meist gar keine.

32) Je ungleicher die Körper in ihrem physikalischen Verhalten sind, um so größer ist in der Regel ihre Affinität. So haben die Metalle geringe Affinität zu einander, sehr große aber zu nicht metallischen Stoffen, wie Sauerstoff, Chlor, Jod, Brom, Schwefel.

Affinitätsgesetze für die relative Menge, in welcher sich die Stoffe verbinden.

Jeder Körper verbindet sich mit einem andern nur in einem oder mehreren bestimmten Mengeverhältnissen. Kommen Stoffe in andern Verhältnissen zusammen, so tritt der im Überschusse zugesetzte Antheil nicht in die Verbindung mit ein, ändert demnach auch seine Eigenschaften nicht, wie Dies in Folge chemischer Verbindung geschieht, sondern zeigt das ihm zukommende chemische Verhalten unverändert. Es ist dies das wichtigste und unumstößliche Merkmal einer chemischen Verbindung. Dieses Gesetz bildet den Gegenstand der

Woran man eine chemische Verbindung als solche erkennt.

Stöchiometrie.

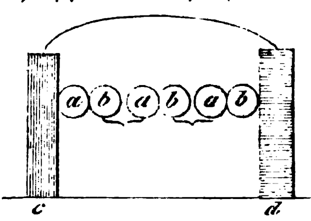
Sättigung.

Sättigungscapacität.

Sobald irgend eine Menge eines Körpers mit einer so großen Menge eines andern zusammenkommt, daß nichts als die neue Verbindung übrig bleibt, so nennt man diesen Zustand des Gleichgewichts **Sättigung.** Die relative Gewichtsmenge eines Körpers, welche ein anderer aufzunehmen vermag, heißt des letztern **Sättigungscapacität.** So versteht man unter Sättigungscapacität (**Sättigungsvermögen**) einer Säure die Fähigkeit, eine Base zu neutralisiren oder mit derselben eine neutrale (in der Regel auf Pflanzenfarben nicht einwirkende) Verbindung zu bilden. Zum Maaße ist die Sauerstoffmenge genommen, die in so viel Basis enthalten ist, als zur Sättigung von 100 Theilen der wasserfreien Säure erfordert wird. So sagt man, das Sättigungsvermögen der Schwefelsäure sei 19,96, weil 100 Theile wasserfreier Schwefelsäure ein Quantum Alkali, Erde oder Metalloxyd sättigt, worin 19,96 Sauerstoff enthalten sind.

Da sich die Sättigungscapacität der Körper umgekehrt verhält wie ihre Mischungsgewichte (s. unten), so erhält man erstere durch Division des MG des Körpers, dessen Sättigungscapacität man = 1 setzt, also wenn dies der Sauerstoff ist, durch Division von 100 durch das MG des

lien, durch Braunstein, Silber, Platin, Gold, Eisen ꝛc. und durch organische Körper in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, so Weingeist in Aether und Wasser durch Schwefelsäure, so in Wasser gelöster Harnstoff durch Thierschleim in kohlensaures Ammoniak.



5) **Induktive Verwandtschaft** heißt jene, welche durch die Einwirkung einer galvanischen Kette veranlaßt wird. Der eine Bestandtheil *a* einer gewissen Menge eines Körpers (Elektrolyt) verbindet sich mit einem andern Körper *c* (Elektromotor). Der andere Bestandtheil *b* des zersetzten Elektrolyten zersetzt die ihm zunächst liegende noch unzersetzte Menge des Elektrolyten und so wird die Verwandtschaft von einer Portion des Elektrolyten auf die andere übergeführt, fortgepflanzt, inducirt, bis am äußersten Ende des Elektrolyten der Bestandtheil *b* übrig bleibt und sich nun dort mit einem andern Körper *d* (Elektromotor) verbindet, welcher mit dem andern Elektromotor *c* durch einen Leitungsdraht außer der Flüssigkeit in Verbindung steht und ebenso eine Verwandtschaft in *b* erregt, wie *c* in *a*, welche sich in derselben Weise auf das bei *d* übrig bleibende *b* fortpflanzt.

6) **Einleitende Verwandtschaft.** Ein im Akte der chemischen Verbindung begriffener Körper hat die Fähigkeit, in einem andern, womit er in Berührung kommt, dieselbe Thätigkeit hervorzurufen, so, daß er sich mit einem dritten verbindet. Platin oxydirt und löst sich für sich in Salpetersäure nicht auf, wohl aber mit Silber legirtes Platin. — Kupfer nimmt für sich den Sauerstoff des mit Schwefelsäure vermischten Wassers nicht auf; ist es aber mit Zink und Nickel verbunden (wie im Argentan), welche den Sauerstoff des Wassers aufnehmen, so löst sich auch das Kupfer vollständig mit auf. — Umgekehrt kann aber auch die Zersetzung durch einen bereits in Zersetzung begriffenen Körper in einem andern eingeleitet werden; so leitet Hefe die Zersetzung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure ein. Die Erklärung dieser Verwandtschaft s. unten: „Wie die Wirkung des Ferments zu erklären sei?“ bei der Weingährung.

Chemische Verbindung.

Wenn zwei ungleichartige, chemisch verwandte Körper in gegenseitige unmittelbare Berührung kommen, so verbinden sie sich zu einem dritten gleichartigen. Durch das Aufhören der Existenz zweier Körper bei ihrer gegenseitigen Durchdringung entsteht durch Umwandlung ein neuer. Beide lösen sich vollständig in Eins auf, was erst wieder durch chemische Analyse entzweit wird, so, daß die erstern Körper wieder entstehen. Man versteht demnach unter **chemischer Verbindung** die Ausgleichung ungleichartiger Körper zu einem gleichartigen. Nach der atomistischen Ansicht legen sich die kleinsten Theile der ungleichartigen Körper mit ihrer unveränderten Natur blos neben einander (Juxtaposition). Die erstere (dynamische) Ansicht ist die bessere, weil sie die bei der chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen besser erklären läßt.

Wenn bei der chemischen Verbindung aus heterogenen Stoffen eine homogene Masse entsteht, so hängt damit nicht blos eine Abänderung der chemischen, sondern auch der physikalischen Eigenschaften zusammen. Aus den beiden geruchlosen festen Substanzen, der dunkel gefärbten Kohle und dem gelben Schwefel, entsteht bei ihrer chemischen Verbindung der Schwefelkohlenstoff, eine wasserhelle, farblose Flüssigkeit von äußerst üblem Geruche; aus dem geschmacklosen Sauerstoff und fast geschmacklosen Schwefel die höchst saure und ätzende Schwefelsäure.

Sowohl das Produkt als der Akt dieser Vereinigung heißt chemische Verbindung, **Mischung** oder **Gemisch**, welches sich vom **Gemenge** dadurch unterscheidet, daß es homogen ist, während bei Letzterem heterogene Körper im feinzertheilten Zustande sich neben und unter einander befinden, wohin auch die Auflösung gehört.

Unterschied zwischen Auflösung und chemischem Prozesse.

Kann auch mit der chemischen Verbindung zugleich eine Auflösung stattfinden, so unterscheidet sich doch die chemische Verbindung von der einfachen Auflösung:

1) Durch die bei einer chemischen Verbindung stattfindenden Erscheinungen (vgl. die Erscheinungen beim chemischen Prozesse);

2) durch vollkommene Abwesenheit der Eigenschaften, welche die Bestandtheile vor ihrer Verbindung besaßen.

Beiden Kennzeichen fehlt indeß zuweilen hinreichende Deutlichkeit. Für alle Fälle entscheidet hingegen:

3) Daß die Mengen der Bestandtheile einer chemischen Verbindung jederzeit und unter allen Bedingungen in genau demselben Zahlenverhältnisse zu einander stehen (vgl. Stöchiometrie), während in bloßer Auflösung befindliche Stoffe innerhalb gewisser Grenzen in den verschiedensten Verhältnissen zu einander stehen können.

Chemische Zersetzung.

Das Gegentheil der chemischen Verbindung ist die **Zersetzung**; man versteht also unter Letzterer die Zerlegung eines gleichartigen Körpers in ungleichartige Theile. Kann die zersetzte Verbindung durch Wiedervereinigung dieser Bestandtheile nicht wieder hergestellt werden, wie bei vielen organischen Stoffen, so heißt die Zersetzung auch **Zerstörung**.

In gleichartige Theile werden die Körper durch mechanische Kräfte zerlegt, welche größer sind als die Cohäsionskraft, vermöge welcher sie ein Ganzes bilden, in ungleichartige dagegen durch eine Kraft, welche die Kraft der chemischen Verwandtschaft, vermöge der sie ein gleichartiges Ganzes bilden, zu überwinden vermag. Dies geschieht entweder durch physikalische Kräfte der Materie, wie Expansion, oder, wie bei Weitem in den meisten Fällen, durch einen höheren Grad der Verwandtschaft. Um daher eine chemische Verbindung zu zersetzen, braucht sie nur mit einem Körper in Verbindung zu kommen, wozu einer ihrer Bestandtheile größere Verwandtschaft besitzt, als diese zu einander selbst; erstere verbinden sich mit einander und die Verbindung ist zersetzt.

Die Erfahrung hat noch keine Verbindung nachgewiesen, welche nicht zersetzbar wäre. Doch wäre es möglich, daß manche bis jetzt unzerlegte

Stoffe (Elemente) Verbindungen von solcher Innigkeit sind, daß sie den bisherigen Trennungsversuchen widerstanden.

Edukte und Produkte.

Die heterogenen Stoffe, in welche eine Verbindung zerfällt, heißen **Edukte**, wenn sie als solche in der Verbindung enthalten waren, also rein ausgeschieden wurden, d. h. sich weder mit dem zersetzenden Stoffe, noch mit einem der Bestandtheile des zersetzten Körpers verbinden, und **Produkte**, wenn sie während der Zersetzung neue Verbindungen eingegangen haben. So ist die Kohlensäure, welche sich beim Einwirken der Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk entwickelt, ein Edukt, der dabei entstehende schwefelsaure Kalk dagegen ein Produkt.

Chemischer Prozeß.

Chemischer Prozeß heißt jene Bewegung, welche chemische Verbindungen und Scheidungen veranlaßt. So ist z. B. bei der Zersetzung von salpetersaurem Baryt durch Schwefelsäure die Ausscheidung von Salpetersäure und die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Baryt ein chemischer Prozeß, welcher die Zersetzung von salpetersaurem und die Bildung von schwefelsaurem Baryt zur Folge hat.

Erscheinungen beim chemischen Prozesse.

Die durch den chemischen Prozeß eintretenden Veränderungen heißen **chemische Erscheinungen**. Die gewöhnlichsten sind folgende:

Wärmeentwickelung. Je nach der Heftigkeit, womit eine Verbindung oder Zersetzung vor sich geht, ist dieselbe von einer mehr oder weniger bedeutenden Temperaturerhöhung begleitet. Die Körper dehnen sich bei ihrer gegenseitigen Durchdringung aus; es muß also mit dem Wiederaufhören derselben Wärme frei werden, welche sich in manchen Fällen bis zum Glühen steigert. So erhitzt sich trockene Strontianerde beim Uebergießen mit concentrirter Schwefelsäure bedeutend, Baryt und Magnesia kommen dabei sogar auf einige Zeit ins Glühen. Kalium, in Wasser geworfen, verbindet sich mit dessen Sauerstoff unter Feuerentwickelung. 2 Theile Terpentinöl brechen beim Zusammentreffen mit einer Mischung von 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und 2 Theilen Salpetersäure mit Heftigkeit in Flammen aus. Das chlorsaure Kali, mit leicht oxydirbaren Stoffen gemischt, zersetzt sich beim Reiben ebenfalls unter Feuerentwickelung. Aber nicht blos bei Verbindungen, sondern auch bei Zersetzungen bemerkt man oft sehr bedeutende Wärmeentwickelung; so ist die heftige Zersetzung, welche eintritt, wenn Chlorstickstoff bis 96 oder 100° C. erwärmt wird, von einer Feuererscheinung begleitet, obgleich keinerlei Verbindung, sondern einfach eine Zersetzung in Chlor und Stickstoff dabei stattfindet. Selbst bei gewissen eigenthümlichen Abänderungen mancher Verbindungen, wobei sie übrigens keine Veränderung in ihrer Zusammensetzung zu erleiden scheinen (isomere Modification, vgl. Isomerie), tritt bisweilen Feuererscheinung ein. Erhitzt man Zirkonerde oder Chromoxyd bis zum anfangenden Rothglühen, so entsteht eine augenblickliche Feuererscheinung, nach welcher dieselben in Säuren unlöslich sind, ohne in ihrer Zusammensetzung geändert zu werden.

Verpuffung (Detonation). Man versteht darunter das Geräusch, welches durch heftige Reibung der Luft entsteht, wenn ein gasförmiger Körper plötzlich aus einer festen Verbindung in Freiheit gesetzt wird. Eine

Verpuffung, welche so heftig ist, daß durch die dabei erfolgende Ausdehnung von Luftarten Gefäße oder überhaupt in der Nähe befindliche Gegenstände zertrümmert und umhergeschleudert werden, heißt **Explosion**. Ein geringerer Grad der Verpuffung ist das **Aufbrausen**, welches entsteht, wenn ein Gas sich allmälig, aber doch mit einem schwachen Geräusch aus einer Flüssigkeit entwickelt; man nennt es **Perlen**, wenn die Gasentwickelung zwar langsam, aber in größeren Bläschen erfolgt.

Die **Fällung, Niederschlagung** oder **Präcipitation** erfolgt, wenn durch Verbindung zweier aufgelöster Körper ein unauflöslicher entsteht, oder bei der Zersetzung einer Verbindung ein für sich unauflöslicher Körper ausgeschieden wird. Der unauflösliche Körper trübt anfangs die Flüssigkeit und setzt sich dann unter Aufhellung derselben am Boden des Gefäßes ab. Bisweilen schwimmt er zuerst auf der Oberfläche, durch eingeschlossene Luftbläschen emporgehoben, fällt aber später doch noch zu Boden. Nur in seltenen Fällen ist er an und für sich leichter als die Flüssigkeit und bleibt dann an der Oberfläche, wie die ausgeschiedenen Fettsäuren (Stearin-, Margarin-, Elainsäure).

Das **Zerfallen** findet nur bei wenigen Körpern statt, z. B. beim Kalk, wenn derselbe Wasser und Kohlensäure aus der Luft anzieht. Auch das **Verwittern**, das Zerfallen der Körper durch Einwirkung der Luft (gleichsam der Witterung), gehört hierher; es findet bei Zersetzungen statt, wie beim Verdunsten des Krystallwassers mancher Salze an der Luft, z. B. beim krystallisirten kohlensauren Natron. Der Feldspath verwittert durch den Verlust seines Alkaligehaltes.

Auch das **Zerfließen** rechnet man hierher. Es ist aber nur die Folge einer einfachen Auflösung durch Wasseranziehung hygroskopischer Substanzen aus der Luft.

Die manchfaltigen Bedingungen, unter welchen sich die verschiedenen Stoffe chemisch verbinden und die Verbindungen derselben wieder zersetzt werden, sind der Hauptsache nach von folgenden Gesetzen abhängig:

Affinitätsgesetze bei chemischen Verbindungen.

1) Jeder einfache, d. h. bis jetzt noch unzerlegte Stoff kann sich mit anderen verbinden, aber meistens nicht mit allen, vielleicht weil man sie noch nicht unter den erforderlichen Umständen damit in Berührung gebracht hat, vielleicht auch blos deswegen, weil andere entgegenwirkende Naturkräfte, wie Schwerkraft, Cohäsion und Elasticität das Uebergewicht haben.

2) Nur Körper von gleicher Stufe der Zusammensetzung bilden feste Verbindungen, nur einfache mit einfachen rc.; doch verhalten sich in dieser Beziehung einige zusammengesetzte Körper, wie Cyan, Ammonium, wie Elemente. Auch nehmen manche Verbindungen noch gewisse Antheile eines ihrer Bestandtheile auf. So verbindet sich einfach schwefelsaures Kali mit einem weitern Antheile Schwefelsäure zu doppelt schwefelsaurem Kali und umgekehrt Letzteres mit einem Antheile Kali zu einfach schwefelsaurem.

3) Gewöhnlich verbinden sich Körper nur dann sehr fest, wenn Beide einen gemeinschaftlichen Bestandtheil haben.

4) Bei doppelter Zersetzung ist die Verwandtschaft größer, als beim

stoff, Stickstoff, Chlor 2c. weg und es sind nach dieser Ansicht: $\dot{\mathrm{H}}$, $\acute{\mathrm{H}}$, HCl, KCl, HI, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}$, $\dot{\mathrm{N}}$, $\ddot{\mathrm{N}}$, $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{N}}$, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{N}}$, NH_3, $H_{10}C_{12}O_{10}$ (Zucker) das nämliche, was die Volumtheorie bezeichnet mit $\dot{\not{\mathrm{H}}}$, $\acute{\not{\mathrm{H}}}$, $\not{\mathrm{H}}\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}$, $\mathrm{K}\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}$, $\not{\mathrm{H}}\not{\mathrm{I}}$, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}}$, $\dot{\not{\mathrm{N}}}$, $\ddot{\not{\mathrm{N}}}$, $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\not{\mathrm{N}}}$, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\not{\mathrm{N}}}$, $\not{\mathrm{N}}\not{\mathrm{H}}_3$, $H_{20}C_{12}O_{10}$.

So wahrscheinlich aber auch diese Annahme erscheinen mag, so ist doch die Volumtheorie noch von Berzelius und bei Weitem den meisten Chemikern des Continents beibehalten, wie es auch hier geschehen soll, um Verwirrungen und lästige Reductionen zu vermeiden.

Es versteht sich von selbst: Aus je mehr Atomen eine Theorie ein Äq. bestehend denkt, um so kleiner müssen die Atome sein. So ist nach der Annahme, welche ein Äq. Wasserstoff nur aus 1 Atom bestehen läßt, das AG des Wasserstoffs = 12,48, während es die Volumtheorie, welche es sich aus 2 Atomen bestehend denkt, = 6,24 setzt.

2) Wenn sich ein Metall mit dem Sauerstoff nur in einem Verhältnisse zu einer Salzbasis verbindet, so nimmt man, wenn nicht Gründe des Isomorphismus (vgl. Nr. 4) dagegen streiten, dies als eine Verbindung aus 1 Atom Metall und 1 At. Sauerstoff an, z. B. Kali, Natron, Lithion, Baryt, Kalk, Bittererde, gelbes Bleioxyd 2c. Bei Metallen, welche sich in mehreren Verhältnissen mit Sauerstoff zu Salzbasen verbinden, nimmt man die stärkste Salzbasis als eine Verbindung von 1 Atom Metall und 1 At. Sauerstoff an. So z. B. beim Eisen und Zinn das Oxydul, beim Quecksilber und Kupfer das Oxyd als die stärkere Basis.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß in den neutralen Sauerstoffsalzen die Sauerstoffmenge der Säure zu der Basis in einem festen Verhältnisse je nach der Natur der Säure steht; so ist dasselbe in den Neutralsalzen der Salpeter-, Chlor- und Jodsäure = 5 : 1, der Unterschwefelsäure = 5 : 2, der Schwefel-, Selen- und Mangansäure = 3 : 1, der schwefligen und selenigen Säure = 2 : 1.

Enthält nun nach der obigen Annahme 1 Atom Basis 1 At. Sauerstoff, wie beim Kali, so enthält das Neutralsalz 1 At. Säure, und wenn diese Salpetersäure ist, so enthält sie 5, wenn Schwefelsäure, 3 At. Sauerstoff. Die Zahl der Atome des Radikals der Säure bleibt hierbei unentschieden, kann aber auf andere Weise ermittelt werden. Z. B. chlorsaures Kali ($\mathrm{\dot{K}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}}$) wird durch Glühen Chlorkalium ($\mathrm{K}\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}$), Kali nimmt aber so viel Chlorwasserstoffsäure ($\not{\mathrm{H}}\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}$) auf, daß deren Wasserstoff (H) mit dem Sauerstoff (O) des Kali Wasser bildet. Da nun Kali nach der Annahme aus 1 At. Kalium (K) und 1 At. Sauerstoff = KO oder $\dot{\mathrm{K}}$, Wasser aber nach Nr. 1 aus 1 At. Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff = H_2O oder $\dot{\not{\mathrm{H}}}$, die Chlorwasserstoffsäure aus gleichen Atomen H und Chlor (Cl) besteht, so ist 1 At. $\mathrm{K}\not{\mathrm{C}}\mathrm{l}$ aus 1 At. K und 2 At. Cl, also 1 At. chlorsaures Kali aus 2 At. Cl und 5 At. O zusammengesetzt.

Ähnliche Schlüsse erhält man, wenn die Multipla des Schwefels oder Chlors in einer Reihe von Verbindungen bekannt sind, indem das

durch Zersetzung eines Oxyds durch Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelwasserstoff entstandene Chlor- oder Schwefelmetall diesem Oxyde äquivalent ist. Kennt man also in Letzterem die Zahl der Sauerstoffatome auf 1 Atom Metall, so hat man auch die Zusammensetzung des Chlor- und Schwefelmetalls und durch die Multipla die der ganzen Verbindungsreihe. Kennt man nur eine Verbindungsstufe, oder kann man wegen Unlöslichkeit die Neutralität nicht ausmitteln, so müssen wieder andere Wahrscheinlichkeitsgründe aushelfen, so z. B. bei Kiesel (Si) und Bor (B). Die am Häufigsten vorkommenden Kieselsalze enthalten 3 Atome Sauerstoff auf 1 Atom der Basis; man betrachtet diese als neutral und die Kieselsäure ($\dddot{Si}$) als aus 3 O und 1 Si bestehend. Ebenso beim Bor (B), weil man in neuerer Zeit borsaure Salze entdeckt hat, welche das Sauerstoffverhältniß $= 6 : 1$ darbieten. Man betrachtet daher den Borax, worin dieses Verhältniß stattfindet, obgleich er alkalisch reagirt, als ein saures Salz ($\dot{Na}\dddot{B}_2$).

Da sich Kohlenmetalle nicht wie Schwefel- und Chlormetalle bilden lassen, auch das Verhalten des Kohlenstoffs zum Wasserstoff ein ganz anderes ist, als bei Schwefel und Chlor, so hat man beim Kohlenstoff angenommen, daß sich seine Oxydationsstufen verhalten wie 1 : 2, und daß in denjenigen kohlensaueren Salzen, die man wegen ihrer größeren Stabilität als neutral betrachtet, ungeachtet sie alkalisch reagiren, der Sauerstoff der Säure sich zu dem der Basis wie 2 : 1 verhält, so daß also 1 At. Kohlensäure aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Sauerstoff besteht. Die französischen Chemiker dagegen nehmen darin 1 At. Kohlenstoff auf 1 At. Sauerstoff und daher in den kohlensauren Neutralsalzen 2 At. Säure auf 1 At. Basis an.

Bestimmung der Atomzahl nach der physikalischen u. chemischen Ähnlichkeit.

3) Man nimmt an, daß Stoffe, die sich in physikalischen und chemischen Eigenschaften sehr ähnlich sind, sich mit andern Stoffen in derselben Atomzahl verbinden. Sind die Verbindungen des Nickels mit dem Sauerstoff zu 1 : 1 und 2 : 3 angenommen, so muß dies auch bei dem ihm ganz ähnlichen Kobalt so sein.

Bestimmung der Atomzahl nach der Isomorphie.

4) Von größter Wichtigkeit ist die Isomorphie (vgl. S. 35) für Bestimmung der Atomzahlen. Bei einem Stoffe, der einen andern in einer Verbindung ersetzen kann, ohne daß hierdurch deren Krystallform geändert wird, nimmt man an, daß die Verbindung in gleicher Atomzahl stattfindet. Solche isomorphe Gruppen bilden z. B. Kupferoxyd, Eisen- und Manganoxydul, Zinkoxyd rc., dann Thonerde, Eisenoxyd rc., ferner Phosphor- und Arsensäure.

Physikalische Bestimmung der Atomzahl.

Dulong und Petit haben eine Bestimmung der Atomzahl auf den Umstand begründet, daß die specifische Wärme der Elemente bezogen auf gleiche Gewichtsmengen von ihnen im starren Zustande sich umgekehrt verhalte, wie die Atomgewichte, oder, daß das Produkt aus der specifischen Wärme in das AG für alle Elemente eine und dieselbe constante Zahl ist. Je ausgedehnter nämlich, also je weniger dicht ein Körper ist, ein um so geringeres specifisches Gewicht besitzt er. Nun stehen aber die AGG der

Körper nahezu in geradem Verhältnisse zu ihren specifischen Gewichten, d. h. je schwerer ein Körper im Allgemeinen ist, ein um so größeres AG hat er auch. Nun erfordert aber ein Körper, um in seinem gewöhnlichen Aggregatzustande zu bestehen, um so mehr Wärme (besitzt um so mehr specifische Wärme), je ausgedehnter er, also je geringer sein specifisches Gewicht oder AG ist. Es stehen also specifische Wärme und AG in umgekehrtem Verhältnisse. Wenn also jedesmal der Multiplicator um so größer wird, je kleiner der Multiplicand ist, so muß auch immer ein gleiches Produkt zum Vorschein kommen. — Man findet demnach das AG eines Körpers durch Division dieser constanten Zahl durch die specifische Wärme.

Inwiefern dieses Gesetz begründet sei, ergibt sich aus folgender Tafel, worin die specifische Wärme des Wassers = 1 gesetzt ist:

Elemente	Specifische Wärme	Atomgewicht nach Berzelius	Produkt aus der specifischen Wärme ins AG
Wismuth	0,0288	886,9	25,54
Blei	0,0293	1294,5	37,93
Gold	0,0298	1243,0	37,04
Platin	0,0314	1233,3	38,73
Zinn	0,0514	735,3	37,79
Silber	0,0557	1351,6	75,29
Zink	0,0927	403,2	37,38
Tellur	0,0912	802,1	73,15
Kupfer	0,0949	395,7	37,55
Nickel	0,1035	369,7	38,26
Eisen	0,1100	339,2	37,31
Kobalt [1])	0,1498	369,0	55,28
Schwefel	0,1880	201,16	37,80

Man sieht, daß die meisten AGG in demselben Verhältnisse abnehmen, in welchem die specifische Wärme der Körper für gleiche Gewichte zunimmt, wodurch man bei Multiplication beider Zahlen so wenig verschiedene Produkte erhält, daß man die kleinen Differenzen auf Rechnung von Beobachtungsfehlern bringen kann. Nur bei 4 finden sich bedeutende Abweichungen, bei Silber und Tellur ist das Produkt doppelt, beim Wismuth $^2/_3$ und beim Kobalt $^3/_2$ so groß als bei den übrigen. Dulong und Petit schlossen daraus, daß die wahren AGG dieser Stoffe nur Bruchtheile der oben angegebenen AGG seien. Da aber hiergegen triftigere Gründe der Analogie ꝛc. sprechen, so hat man diese Regulirung nicht gelten lassen, und der Schluß von Dulong und Petit, daß die Atome gleiche Wärmecapacität besitzen, scheint dahin beschränkt werden zu müssen, daß zwischen ihren Wärmecapacitäten ein einfaches Verhältniß stattfindet. Die Wärmecapacität der zusammengesetzten Stoffe ist noch zu wenig untersucht, um auch hier solche einfachen Verhältnisse auffinden zu können. Diese Ableitung

1) Nach Regnault ist die specifische Wärme des Kobalts der des Nickels gleich.

aus der specifischen Wärme kann jedoch nur zur Feststellung der Zahlen, nicht aber der Gewichte der Atome dienen, da schwer zu sagen ist, ob die Angaben der specifischen Wärme der Körper richtig sind.

Unterschied zwischen Mischungs- und Atomgewicht.

Obgleich Mischungsgewicht und Atomgewicht häufig verwechselt werden, so ergibt sich doch aus dem Gesagten hinlänglich der Unterschied zwischen Beiden.

Die MGG verhalten sich zu den AGG wie empirische Zahlenwerthe zu wissenschaftlichen. Nicht alle AGG fallen mit den entsprechenden MGG zusammen, sie sind oft nur die Hälfte der MGG. Man nimmt mehrere Äq. als aus 2 Atomen bestehend an, obgleich man keine Verbindungen kennt, in welchen diese Atome einzeln vorkommen, aus den eben angeführten Gründen der Wahrscheinlichkeit. **Das Atomgewicht ist sonach die durch Division des Äquivalents durch die in dem Äq. enthaltene Anzahl der Atome (Atomzahl) erhaltene Zahl.**

Begriff von Atomgewicht.

Das Verfahren, die AGG zu ermitteln ist für die verschiedenen Elemente verschieden je nach der Möglichkeit, sie durch einen oder den andern Stoff in ihren Verbindungen vertreten zu lassen. Da jedoch der Raum nicht gestattet, sie hier einzeln aufzuführen, so muß in dieser Beziehung auf Berzelius' Lehrbuch der Chemie, 5 Aufl. 1845. Bd. 3. S. 1181—1231, oder Buchner's Lehrbuch der analytischen Chemie und Stöchiometrie, 1836. S. 851—876 verwiesen werden.

Chemische Zeichen.

Um die stöchiometrische Zusammensetzung einer chemischen Verbindung schnell übersehen zu können, hat Berzelius statt der älteren mangelhaften Zeichen neue viel leichter verständliche Zeichen für die Elemente eingeführt, welche für zusammengesetzte Körper zugleich die Atomzahlen mit angeben.

Zeichen der Elemente.

Jedes Element wird durch den Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens ausgedrückt. Haben zwei oder mehrere Elemente den nämlichen Anfangsbuchstaben, so wird der zweite oder irgend ein anderer bezeichnender Buchstabe des Wortes hinzugefügt. So bezeichnet z. B. O den Sauerstoff, Oxygenium; Os aber das Metall Osmium; F Fluor; Fe Eisen; H Wasserstoff, Hydrogenium; Hg Quecksilber, Hydrargyrum; C Kohlenstoff, Carboneum; Cl Chlor. Nachstehendes Verzeichniß gibt die chemischen Zeichen für alle bis jetzt genauer bekannt gewordenen Elemente:

Aluminium	Al	Cerium	Ce	Kobalt (Cobaltum)	Co
Antimon (Stibium)	Sb	Chlor	Cl	Kohlenstoff (Carboneum)	C
Arsen	As	Chrom	Cr	Kupfer (Cuprum)	Cu
Baryum	Ba	Eisen (Ferrum)	Fe	Lanthan	La
Beryllium	Be	Fluor	F	Lithium	Li
Blei (Plumbum)	Pb	Gold (Aurum)	Au	Magnesium	Mg
Bor	B	Jod	I	Mangan	Mn
Brom	Br	Iridium	Ir	Molybdän	Mo
Cadmium	Cd	Kalium	K		
Calcium	Ca	Kiesel (Silicium)	Si		

Natrium	Na	Schwefel	S	Uran	U
Nickel	Ni	Selen	Se	Vanadium	V
Osmium	Os	Silber (Argen-		Wasserstoff (Hy-	
Palladium	Pd	tum)	Ag	drogenium)	H
Phosphor	P	Stickstoff (Nitro-		Wismuth (Bis-	
Platin	Pt	genium)	N	muthum)	Bi
Quecksilber (Hy-		Strontium	Sr	Wolfram	W
drargyrum)	Hg	Tantal	Ta	Yttrium	Y
Rhodium	Rh	Tellur	Te	Zink	Zn
Sauerstoff (Oxy-		Thorium	Th	Zinn (Stannum)	Sn
genium)	O	Titan	Ti	Zirkonium	Zr

Chemische Formeln.

Ein solches Zeichen bedeutet als chemische Formel ein Atom des Elements, welches damit bezeichnet wird. Mehrere Atome eines Elements werden durch Zahlen ausgedrückt, die man dem Zeichen vorsetzt, wenn es für sich allein steht, oder die Zahl für eine Verbindung von mehreren nebeneinander stehenden Elementen gilt. So bezeichnet 2 Fe zwei Atome Eisen, 2 FeO zwei Atome einer Verbindung aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Eisen oder 2 At. Eisenoxydul. Bezieht sich die Zahl blos auf ein einzelnes Element einer Verbindung, so wird sie als kleine Ziffer rechts unten angehängt; so drückt die Formel Fe_2O_3 1 Atom einer Verbindung von 2 At. Eisen mit 3 At. Sauerstoff, oder 1 At. Eisenoxyd und 2 Fe_2O_3 2 At. Eisenoxyd aus.

Um die Vertheilung der Elemente in einer Verbindung in nähere Bestandtheile auszudrücken, bedient man sich gewöhnlich eines zwischen die einzelnen Glieder einer Verbindung gesetzten Punktes, Komma's oder Pluszeichens. Z. B. schwefelsaures Eisenoxydul besteht aus 1 At. Eisen, 1 At. Schwefel und 4 At. Sauerstoff $FeSO_4$. Nach der Annahme, daß in diesem Salze die erwähnten Elemente zu Eisenoxydul und Schwefelsäure geordnet sind, ergibt sich die Formel $FeO.SO_3$, oder FeO,SO_3, oder $FeO + SO_3$.

Bei Verbindungen zweiter Ordnung scheidet das Pluszeichen die nähern und der Punkt oder das Komma die entferntern Bestandtheile, z. B. $FeO.SO_3 + KO.SO_3$ ein Doppelsalz aus schwefelsaurem Eisen und schwefelsaurem Kali, oder man nimmt bei bloßer Anwendung des Pluszeichens Paranthesen zu Hülfe, z. B. $(FeO + SO_3) + (KO + SO_3)$.

Man setzt in den chemischen Formeln gewöhnlich das elektropositive Element, z. B. das Metall, oder in Salzen die Basis voraus, man schreibt daher $KO.SO_3$ und nicht $O_3S.OK$.

Abkürzung der chemischen Formeln.

In vielfach zusammengesetzten Verbindungen werden die Formeln oft sehr lang und schwer zu übersehen, Berzelius hat deswegen einige Abkürzungen angebracht.

Man kann 2 Atome eines Elements mittelst eines Horizontalstriches durch das untere Drittheil des Buchstabens ausdrücken, z. B. Fe, Al, C = 2Fe, 2Al, 2C, 2 Atome Eisen, Aluminium oder Kohlenstoff.

Die Sauerstoffatome der Oxyde und Säuren bezeichnet Berzelius durch Punkte, z. B. $\dot{Fe}\dddot{S} = FeO + SO_3$; $\overset{.....}{\bar{Cl}} = Cl_2O_5$; $\overset{.......}{\bar{Cl}} = Cl_2O_7$. Sehr lange Formeln erhalten dadurch eine bedeutende Kürze und gewähren dabei eine viel leichtere Übersicht, z. B. für den Alaun $\dot{K}\dddot{S} + \dddot{\bar{Al}}\dddot{S} + 24\dot{\bar{H}}$ statt $KO.OS_3 + Al_2O_3.SO_3 + 24H_2O$.

Wie die Sauerstoffatome durch Punkte, bezeichnet man auch die Schwefelatome durch Kommate über den Zeichen der Elemente, z. B. $\overset{'}{K} = KS$; $\overset{'''}{K} = KS_3$; $\overset{'''}{As}$ oder $\overset{'''''}{\bar{As}} = AsS_5$ Arsenpersulphid.

Die organischen Säuren werden wie die Elemente durch die Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens bezeichnet mit darübergesetztem Minuszeichen als elektronegative Substanzen. Z. B. $\bar{A}$ Essigsäure Acidum aceticum, $\bar{B}$ Benzoësäure A. benzoicum, $\bar{C}$ Citronensäure A. citricum, $\bar{F}$ Ameisensäure A. formicum, $\bar{G}$ Gallussäure A. gallicum, $\bar{H}$ Humussäure A. humicum, $\bar{L}$ Milchsäure A. lacticum, $\bar{M}$ Äpfelsäure A. malicum, $\bar{O}$ Oxalsäure A. oxalicum, $\bar{Qt}$ Eichengerbsäure A. quercitannicum, $\bar{S}$ Bernsteinsäure A. succinicum, $\bar{T}$ Weinsteinsäure A. tartaricum, $\bar{Uv}$ Traubensäure A. uvicum, $\bar{Ul}$ Ulmsäure, $\bar{V}$ Valeriansäure rc.

Die Alkaloide werden durch die Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens mit darübergesetztem Pluszeichen als elektropositive Substanzen bezeichnet, wie $\overset{+}{Ch}$ Chinin, $\overset{+}{Ci}$ Cinchonin, $\overset{+}{M}$ Morphin, $\overset{+}{St}$ Strychnin.

Die chemischen Zeichen der Mineralogen weichen einigermaßen von den rein chemischen ab. Es ist nämlich darnach:

S = 1 At.	Kieselsäure		F = 1 At.	Eisenoxyd
A = „ „	Thonerde		f = „ „	Eisenoxydul
C = „ „	Kalkerde		Mn = „ „	Manganoxyd
K = „ „	Kali		mn = „ „	Manganoxydul
N = „ „	Natron		aq = „ „	Wasser rc.

Isomorphie.

Eine von Gay-Lussac angeregte und von Mitscherlich ausgeführte Beobachtung hat gezeigt, daß gewisse Körper bei analoger Zusammensetzung gleiche Krystallformen haben. Solche Körper heißen **isomorph**, die Lehre von dieser Analogie oder dem **Isomorphismus** heißt **Isomorphie**.

Es sind also nicht alle Körper von gleicher Krystallform isomorph. Ungleiche Krystallform bei analoger Zusammensetzung heißt **Heteromorphismus** [1]).

Heteromorphismus.

Im weitern Sinne heißen isomorphe Körper solche, welche mit glei-

1) Nicht zu verwechseln mit Isomerie: Gleiche Zusammensetzung derselben Bestandtheile. Vgl. Isomerie S. 39.

chen Stoffen in gleicher Quantität verbunden stets dieselbe Krystallform haben. So sind Phosphor und Arsen, Phosphorsäure und Arsensäure isomorph, da sie mit gleichen Körpern verbunden stets dieselbe Krystallform annehmen, ebenso Schwefelsäure, Selensäure und Chromsäure, Alaunerde, Manganoxyd, Eisen- und Chromoxyd; Überchlor- und Übermangansäure rc.

Solche Körper zeigen entweder auch für sich einander gleiche Krystallform, wie Arsen und Antimon (beide spitzige Rhomboeder), oder eine verschiedene, wie Titan (in Würfeln) und Zinn (in sechsseitigen Säulen), obgleich Titan- und Zinnoxyd in quadratischen Säulen krystallisiren, also isomorph sind. Doch ist es möglich, daß diese Verschiedenheit auf Dimorphismus (s. unten) beruht. Die Vertretung erfolgt nicht blos nach gleichen, sondern auch nach ungleichen Äquivalentzahlen. So vertritt im übermangansauren Kali ($\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{Mn}}$) ein Äq. Chlor = $\overline{Cl}$ zwei Äq. Mangan- $\overline{Mn}$ zu überchlorsaurem Kali $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{Cl}}$.

Dimorphie und Trimorphie.

So wie verschiedenartige Körper einerlei Krystallform annehmen, so kann umgekehrt ein und derselbe Körper zwei und selbst drei verschiedene Krystallformen annehmen, gewöhnlich, wenn er bei verschiedenen Temperaturen krystallisirt. Ein solcher Körper heißt dann im ersten Falle **dimorph**, im letztren **trimorph**. Damit steht auch gewöhnlich Verschiedenheit des specifischen Gewichts, der Härte, selbst des Geruchs, wie beim Phosphor und Arsenik, des Geschmacks und der Auflöslichkeit, wie bei den entsprechenden arsen- und phosphorsauren Salzen, und vieler andern Eigenschaften in Verbindung [1]).

Das Quecksilberjodid krystallisirt aus Auflösungen und bei der Sublimation in gelinder Wärme in scharlachrothen **quadratischen** Tafeln, durch Sublimation bei höherer Temperatur in schwefelgelben **rhombischen** Tafeln. Die rothen Krystalle werden bei jedesmaligem Erwärmen gelb, beim Erkalten wieder roth. Die gelben bleiben beim Erkalten unverändert, aber bei der geringsten Reibung oder Berührung mit einer Spitze färbt sich der berührte Punkt scharlachroth und diese Farbe pflanzt sich von da über die ganze Masse fort, welche dann durch Erwärmen wieder gelb, beim Erkalten wieder roth wird.

Das schwefelsaure Nickeloxyd krystallisirt unter 15° C. in geraden rhombischen Säulen, zwischen 15 und 20° in spitzen quadratischen Oktaedern und über 30° in schiefen rhombischen Säulen, ist also **trimorph**.

Der Kohlenstoff bildet als Diamant durchsichtige farblose Oktaeder, als Graphit metallisch glänzende, bleigraue, undurchsichtige, sechsseitige Tafeln.

Der Schwefel krystallisirt aus einer Auflösung in Schwefelkohlenstoff, oder Terpentinöl unter 36° C. in rhombischen Oktaedern, in welchen er

---

1) Den Unterschied zwischen Dimorphie und Isomerie s. unter Isomerie S. 39.

auch natürlich vorkommt, beim Erkalten des geschmolzenen Schwefels in schiefen rhombischen Säulen.

Auch an Körpern, die nicht krystallisiren oder eine unbestimmte Krystallgestalt zeigen, bemerkt man bisweilen eine beträchtliche Veränderung der Eigenschaften. So ist das durch Fällen von Quecksilberchloridlösung erhaltene Schwefelquecksilber schwarz, während das sublimirte und durch Schütteln von Quecksilber mit Schwefelkaliumlösung bereitete roth (Zinnober) ist.

Diese Farbverschiedenheiten sind permanent und daher nicht zu verwechseln mit den von der Temperatur abhängigen vorübergehenden. So wird z. B. Zinkoxyd durch starkes Erhitzen citronengelb, beim Erkalten wieder weiß, die bei mittler Temperatur orangegelbe salpetrige Säure unter 0° fast farblos und in höherer Temperatur viel dunkler.

Manche Körper kommen nur selten in der einen ihrer dimorphen Formen vor, und es ist möglich, daß noch viele Körper dimorph sind, deren eine Form nur der Beobachtung entging, weil sie zu selten vorkommt, so, daß der bisher angenommene Heteromorphismus (s. S. 35) vielleicht nur darauf beruht, daß gerade die isomorphe Gestalt heteromorpher Körper bei einem Körper gewöhnlich, beim andern aber so selten vorkommt, daß sie noch nicht beobachtet wurde, so, daß vielleicht alle Körper dimorph sind und keiner existirt, der nicht mit einem andern isomorph wäre.

Amorphie.

Die festen Körper kommen nicht immer in Krystallform vor, sondern auch oft im amorphen Zustande[1]). Es fehlt ihnen dann nicht blos die äußerliche, sondern auch bis auf die kleinsten Theile jede Art von krystallinischer Textur und Blätterdurchgang, sie sind nach allen Richtungen gleich leicht oder schwierig trennbar und zeigen keinen körnigen, sondern einen muscheligen Bruch.

Ein und derselbe Körper kommt je nach den Umständen bei seinem Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand bald krystallisch, bald amorph vor. Manche haben mehr Neigung zum krystallischen, manche mehr zum amorphen Zustande, und viele kennt man blos in dem einen dieser Zustände. Mit dem krystallisirten Zustande steht in der Regel größeres specifisches Gewicht und Härte und geringere Löslichkeit und Schmelzbarkeit in Verbindung, als mit dem amorphen. Letzterer tritt gewöhnlich bei rascher Erstarrung, namentlich bei zähen Flüssigkeiten ein.

Der amorphe Zustand kann entstehen:

1) Durch Schmelzung, welche dann **Verglasung** heißt, z. B. gewöhnliches Glas, viele Schlacken, Bimsstein, verglaste Bor-, Phosphor-,

---

1) Dies ist nicht zu verwechseln mit dem, was die Mineralogen derb rc. nennen, da solche Körper gewöhnlich aus Krystallen bestehen, die nur zu klein sind, um sie mit bloßen Augen erkennen zu können. Ebenso ist es mit vielen flockigen, anscheinend amorphen Niederschlägen rc.

arsenige und Arsenikſäure, verglaſter Borax. Solche amorph erſtarrende Körper bilden einen zähen Fluß. Geſchmolzene Maſſen, welche beim Erſtarren durchſichtig erſcheinen, ſind in der Regel als amorph zu betrachten, als kryſtalliſirt hingegen, wenn ſie ſich beim Erſtarren trüben oder undurchſichtig werden, wie Kalihydrat, kohlenſaures Kali, welche als ein Conglomerat von kleinen Kryſtallen zu betrachten ſind, die durch ihre verſchiedenen Richtungen den Lichtdurchgang hindern.

2) Durch Abdampfung der Löſung. So bleiben Gummi, Leim, Eiweiß, Waſſerglas und die meiſten Harze dabei amorph zurück, weil ſie, noch in ſehr wenig des Löſungsmittels auflöslich, damit ſo dicke Löſungen bilden, daß hierdurch die kryſtalliſche Ausſcheidung gehindert wird.

3) Durch Fällung. Die meiſten oder alle voluminöſen, gallertigen und ſchleimigen Niederſchläge ſind als amorph zu betrachten. Einige davon behalten dieſen Zuſtand und vertrocknen zu erdigen oder durchſcheinenden Maſſen von muſcheligem Bruch, wie Kieſelſäure und Alaunerde, andere vereinigen ſich ſpäter noch zu einem Aggregat von Kryſtallen, wie Harnſäure und kohlenſaurer Kalk.

Körper, welche ſowohl im amorphen als kryſtalliſirten Zuſtande vorkommen, ſind:

Der Kohlenſtoff kryſtalliſirt im Diamant und Graphit und iſt amorph in der Kohle.

Im Dunkeln unter Waſſer aufbewahrter Phosphor überzieht ſich mit einer weißen Rinde, welche reiner Phosphor iſt und bei 40° C. wieder zu gewöhnlichem Phosphor zuſammenſchmilzt. Gmelin glaubt, daß einer von beiden ein amorpher ſei.

Bis zur Dickflüſſigkeit erhitzter, in Waſſer gegoſſener Schwefel erſtarrt zum weichen hyacinthrothen Glaſe, welches aber nach einigen Tagen wieder kryſtalliniſch, d. h. undurchſichtig und gelb wird.

Auch das Platinſchwarz ſcheint wegen ſeiner auffallenden Eigenſchaften amorph zu ſein.

Das gewöhnliche amorphe Glas kryſtalliſirt bei ſehr langſamen Erkalten.

Das bleigraue Grauſpießglanzerz iſt kryſtalliſirtes, der braunrothe Mineralkermes amorphes Schwefelſpießglanz ($\overset{'''}{\mathrm{S}}\mathrm{b}$). Der Kermes, bei Luftabſchluß geſchmolzen, bildet beim Erkalten eine mit dem Grauſpießglanz übereinkommende Maſſe, umgekehrt bildet das Grauſpießglanzerz durch ſchnelles Abkühlen in Waſſer nach längerem Schmelzen eine zwar bleigraue Maſſe, die aber in dünnen Schichten das Licht mit dunkelhyacinthrother Farbe durchläßt, von muſcheligem Bruche, und die beim Zerreiben ein rothbraunes Pulver liefert, welches nur etwas dunkler als Kermes iſt.

Geſchmolzener Zucker, z. B. als Gerſtenzucker und Bonbons, befindet ſich im glaſigen Zuſtande, geht aber nach einiger Zeit in den kryſtalliſirten über, wird trüb. Man nennt dies beim Zucker **Abſterben.** Einige Körper gehen umgekehrt durch nicht bis zum Schmelzen gehende Erhitzung in

den krystallisirten Zustand über. Es beruht hierauf das **Todtbrennen** des Gypses, wonach er nicht mehr mit Wasser erhärtet, und das **Entglasen** des Glases, wenn man es längere Zeit in der Hitze weich erhält, in Folge der Trennung der Silicate von einander und deren Krystallisation.

Isomerie.

Körper von gleicher Zusammensetzung heißen, wie bereits angegeben, dimorph, oder trimorph, wenn ihre physikalischen Eigenschaften verschieden sind. Sind nebst den physikalischen auch die chemischen Eigenschaften verschieden, so heißen die Körper **isomer**, wenn man keinen Grund hat, anzunehmen, daß ihre gleichen entfernten Bestandtheile zu ungleichen näheren Bestandtheilen verbunden sind. Sie sind trotz der Gleichheit ihrer Zusammensetzung völlig verschiedene Substanzen, die nicht, wie die dimorphen Körper durch bloße Temperaturveränderung oder mechanische, sondern nur durch chemische Einwirkung in einander umgewandelt werden können.

Viele der hierher gezählten Verbindungen sind später als polymer (s. unten) erkannt worden. Nur die Phosphorsäure, tellurige und Tellursäure, das Zinnoxyd und die Weinsäure läßt man bis jetzt noch für isomere Substanzen gelten.

Die Phosphorsäure kommt in drei isomeren Abänderungen vor, als die gewöhnliche, Pyro- und Metaphosphorsäure. Außer anderen Verschiedenheiten unterscheiden sie sich hauptsächlich durch verschiedene Sättigungscapacität. Die gewöhnliche sättigt 3, die Pyrophosphorsäure 2 und die Metaphosphorsäure 1 Atom Basis. Die gewöhnliche geht in diese Abänderungen über, wenn sie mit ein oder zwei Atomen Basis geglüht wird, und bleibt unverändert beim Glühen mit 1 Atom. Diese Abänderungen gehen durch längere Berührung oder Kochen mit vielem Wasser wieder in die gewöhnliche über.

Die tellurige und Tellursäure zeigen zwei durch ihre Löslichkeit verschiedene Modifikationen.

Das aus Zinnchlorid durch Alkalien gefällte Zinnoxyd ist viel leichter in Säuren löslich, als das aus Zinn durch Salpetersäure erzeugte, welches auch noch im gelösten Zustande ein ganz anderes Verhalten zeigt.

Ebenso sind auch in ihrer Löslichkeit und dem chemischen Verhalten völlig verschieden die Wein- und Traubensäure, obgleich beide vollkommen gleich zusammengesetzt sind. Man hat sie bisher noch nicht in einander umwandeln können.

Polymerie.

Verbindungen von verschiedenen physischen und chemischen Eigenschaften bei gleichem Verhältnisse in ihrer Zusammensetzung heißen **polymer**, wenn sich ihre Verschiedenheit aus der Annahme erklären läßt, daß die relative Anzahl der Atome ihrer Bestandtheile, also auch die procentige Zusammensetzung zwar gleich, die absolute aber ungleich sei. Wenn z. B. eine polymere Verbindung aus 1 Atom A und 3 Atomen B besteht, so

kann die andere aus 2 A und 6 B, eine dritte aus 3 A und 9 B bestehen. Das Gewicht des zusammengesetzten Atoms wird hierdurch verschieden, während das Verhältniß der Bestandtheile in allen diesen Verbindungen gleich bleibt. Diese Annahmen ergeben sich aus der Sättigungscapacität dieser Verbindungen. (Vgl. S. 30. Nr. 2). Milchsäure z. B. besteht ebensowohl wie das Stärkmehl aus 44,91 Theilen Kohlenstoff, 5,11 Wasserstoff und 48,98 Sauerstoff. Man könnte also danach glauben, Milchsäure und Stärkmehl enthielten gleiche Äq. C, H und O; allein da 100 Milchsäure 135 Bleioxyd sättigen, in der Milchsäure aber 48,40 Sauerstoff und im Bleioxyd 9,68 O sich verhalten = 5 : 1, so nimmt man das 5fache Äq. O in der Milchsäure an und schreibt $C_6H_{10}O_5$, während man aus ähnlichem Grunde das Stärkmehl den Äqq. nach sich aus $C_{12}H_{20}O_{10}$ bestehend denkt; denn 100 Stärkmehl sättigen nur die halbe Quantität Bleioxyd = 67,5 Th., in welchen nur 4,84 O enthalten sind. Da sich 4,84 : 48,40 = 1 : 10 verhält, so müssen in 1 Äq. Stärkmehl 10 Äq. O enthalten sein.

Außer den unter „Isomerie" aufgezählten Verbindungen, welche vielleicht alle noch zur Polymerie gerechnet werden dürften, kommen besonders viele bei den organischen Verbindungen vor.

Folgende Verbindungen enthalten alle 1 Th. Wasserstoff auf 2 Th. Kohlenstoff: Steinöl und ölbildendes Gas CH_2, Eupion C_6H_{12}, flüchtiges Öl des Ölgases C_8H_{16}, Weinöl $C_{16}H_{32}$ x.

Metamerie.

Körper, aus denselben entfernteren, aber verschiedenen näheren Bestandtheilen und nach gleichen Zahlenverhältnissen zusammengesetzt bei verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften, heißen **metamer**. Sie sind daher immer Verbindungen einer höheren Ordnung und zwar nur organische.

So besteht der Eisessig und der Ameisensäuremethylenäther aus 4 Kohlenstoff, 8 Wasserstoff und 4 Sauerstoff, welche aber in Ersterem zu Essigsäure und Wasser = $C_4H_6O_3 + H_2O$, in Letzterem zu Ameisensäure und Methylenäther = $C_2H_2O_3 + C_2H_6O$ geordnet sind.

Eintheilung der chemischen Verbindungen.

1) Nach der Zahl der Bestandtheile. Die Verbindung eines einfachen Körpers mit einem andern einfachen heißt eine **binäre** Verbindung, eine **ternäre** enthält drei, eine **quaternäre** vier Elemente.

2) Nach der Einfachheit oder Zusammengesetztheit der Bestandtheile unterscheidet man:

Verbindungen erster Ordnung, wenn die Bestandtheile der Verbindung Elemente sind — z. B. Schwefelsäure besteht aus Schwefel und Sauerstoff, Kali aus Kalium und Sauerstoff, Thonerde aus Aluminium und Sauerstoff.

Verbindungen der zweiten Ordnung entstehen durch Ver-

bindung von solchen der ersten Ordnung. So entsteht aus Schwefelsäure und Kali schwefelsaures Kali, aus Schwefelsäure und Thonerde schwefelsaure Thonerde.

Verbindungen der dritten Ordnung entstehen durch Zusammensetzung aus denen der vorigen. So entsteht aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde schwefelsaure Kalithonerde oder Alaun.

3) Nach ihrem Vorkommen in der Natur theilt man sie ein in **organische** und **anorganische Verbindungen.** Unter Ersteren versteht man jene, welche nur durch lebende Organismen hervorgebracht werden, die Erzeugnisse der Lebenskraft. Die neuere Chemie hat zwar viele derselben *künstlich* in einander umwandeln, aber noch sehr wenige aus anorganischen Stoffen wirklich erzeugen gelehrt. Verbindungen, welche sich in der sogenannten leblosen Natur erzeugen, im Mineralreiche oder auf dem Wege der Kunst, heißen **anorganische.** Viele von ihnen werden indeß auch im organischen Leben erzeugt. Während die Manchfaltigkeit der Letzteren auf Verschiedenheit der Elemente beruht, aus denen sie bestehen, gründet sie sich bei den organischen Verbindungen auf die Manchfaltigkeit der Verbindungsweise von nur wenigen Elementen, indem diese fast nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, wozu bei den wenigsten noch Stickstoff, noch seltener aber Schwefel und Phosphor hinzukommt. Die anorganischen Verbindungen sind binäre, die organischen meist ternäre, oder quaternäre Verbindungen, wenn man sich Letztere nicht aus Verbindungen von Elementen mit binären Verbindungen bestehend denkt. Diese Eintheilung der Verbindungen begründet auch die gewöhnliche Eintheilung der Chemie in organische und anorganische. Erscheint auch dieselbe in manchen Beziehungen etwas gezwungen, so bringt sie doch zur leichteren Übersicht ihren Gegenstand in zwei im Ganzen wesentlich verschiedene Abtheilungen, wovon der einfachere, anorganische Theil dem Studium des schwierigeren organischen gewöhnlich vorangeht.

Säuren und Basen.

4) Nach dem elektrischen Verhalten theilt man die Verbindungen wie die Elemente ein in **elektronegative** und **elektropositive.** Der positive Bestandtheil einer Verbindung erster Ordnung heißt im Allgemeinen das **Radikal**[1]; den negativen nennen Einige mit Delffs den Zünder, weit gewöhnlicher aber heißt er blos der elektronegative Bestandtheil. Der positive Bestandtheil einer Verbindung zweiter Ordnung heißt **Basis,** der negative **Säure.**

Wie die Elemente bald negativ, bald positiv sich verhalten, je nachdem sie mit negativen oder positiven Körpern zusammenkommen, so können auch Verbindungen, welche sich gegen positive Stoffe wie Säuren verhalten, gegen negative als Basen auftreten; doch findet dieses entgegengesetzte Verhalten nur bei wenigen in gleichem Maaße statt. Bei den mei-

---

1) Doch heißen Radikale bisweilen auch alle constanten Faktoren ganzer Reihen von chemischen Verbindungen. Man unterscheidet dann positive und negative Radikale.

sten ist eine dieser Richtungen so vorwaltend, daß man die einen eigentlich nur als Säuren, die andern nur als Basen kennt.

Diejenigen, welche weder den Charakter der Säure, noch den der Basis in ausgezeichnetem Grade besitzen, heißen **amphotere** oder **indifferente Stoffe**. Sie gehören größtentheils der Abtheilung der organischen Stoffe an, wie Zucker, Gummi, Stärkmehl, Eiweiß, Harz. Die Radikale der anorganischen Säuren sind meist sehr negative Elemente, wie Schwefel, Chlor, Jod, Brom, Stickstoff, die der anorganischen Basen sehr positive, wie die Metalle.

Früher waren diese Begriffe enger, namentlich der der Säure, worunter man nur sauer reagirende, d. h. Lackmus roth färbende Verbindungen verstand, allein es gibt entschiedene Säuren, welche diese Eigenschaft wegen ihrer Unlöslichkeit nicht zeigen, wie die Kieselsäure. Doch kommt ihnen wenigstens größtentheils diese Eigenschaft zu, da die meisten davon löslich sind; sie besitzen dann gewöhnlich einen sauren Geschmack, welcher jedoch auch fehlen kann; so hat die Borsäure, obgleich in Wasser auflöslich, keinen sauren, sondern einen bitterlichen Geschmack. Die löslichen Basen zeigen einen mehr scharfen oder bitteren Geschmack, stellen die geröthete Lackmusfarbe wieder her und färben Veilchensaft grün.

Eintheilung der Säuren.

Die Säuren werden eingetheilt nach ihrem constanten Bestandtheil in **Sauerstoff-, Wasserstoff-, Schwefel-, Selen-** und **Tellursäuren**. In den drei letzten Säuren bilden Schwefel, Selen und Tellur den negativen Bestandtheil, wodurch sich z. B. Schwefelsäure als Gattungsbegriff von der gewöhnlich sogenannten Schwefelsäure unterscheidet, in welcher Schwefel den positiven, Sauerstoff den negativen Bestandtheil ausmacht, während man z. B. eine elektronegative Schwefelverbindung wie Schwefelarsen, Schwefelantimon ꝛc. zur Classe der Schwefelsäuren rechnet.

Die **Sauerstoffsäuren**, oder jene Säuren, die Sauerstoff zum constanten Bestandtheil haben, unterscheidet man wieder in solche mit einfachem und solche mit zusammengesetztem Radikal. Zu den Erstern gehören außer den Sauerstoffsäuren der elektronegativen Nichtmetalle, wie Schwefel, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Selen, Phosphor, Kohlenstoff, Bor, Kiesel, auch die höheren Sauerstoffverbindungen mehrerer elektronegativen Metalle, wie Arsen, Chrom, Antimon ꝛc., die sogenannten **Metallsäuren**. Die Sauerstoffsäuren mit zusammengesetztem Radikal werden ebenfalls in zwei Classen getheilt, in solche, deren Radikal nur aus zwei Elementen, Kohlenstoff und Wasserstoff, oder Kohlenstoff und Stickstoff besteht, und in solche, deren Radikal drei Elemente enthält, gewöhnlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Zur ersteren Abtheilung gehören die Pflanzen-, zur letzteren ein großer Theil der Thiersäuren.

Die meisten Säuren enthalten einen Antheil Wasser, welches nicht davon abgeschieden werden kann, ohne die Säuren mit einem anderen Körper zu verbinden. Dieser Wassergehalt mindert ihre sauren Eigenschaften nicht, sondern erleichtert vielmehr die Verbindung mit anderen Stoffen;

denn völlig wasserfreie Körper wirken bei gewöhnlicher Lufttemperatur selten oder nicht auf einander.

Die Wasserstoffsäuren bestehen aus Wasserstoff und einem elektronegativen Körper, wie Schwefel, Fluor, Chlor, Brom, Jod, Phosphor rc. Ihr Radikal ist, insoferne man unter Radikal den positiven Bestandtheil einer Verbindung versteht, der Wasserstoff; doch wird nach Analogie der Sauerstoffsäuren, wo man unter Radikal nicht den constanten, sondern den wechselnden Bestandtheil begreift, auch bei den Wasserstoffsäuren sehr häufig nicht der positive (hier der constante) Bestandtheil, der Wasserstoff verstanden, sondern (der wechselnde) der negative, Schwefel, Fluor, Chlor rc.

Die Wasserstoffsäuren sind sehr starke Säuren und in ihren physischen Eigenschaften den Sauerstoffsäuren vollkommen ähnlich; allein sie verbinden sich nicht mit Sauerstoffbasen, wie man früher annahm, sondern zersetzen sich mit denselben so, daß ihr Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff der Base zu Wasser, ihr elektronegativer Bestandtheil aber mit dem Radikal der Base verbindet. So dachte man sich z. B. die Einwirkung der Hydrochlorsäure auf Natron früher als eine unmittelbare Verbindung derselben mit dem Natron. Nach der neueren Ansicht entsteht aber kein hydrochlorsaures Natron, sondern Chlornatrium und Wasser. Man stellte aber letztere Theorie, die sogenannte Chlortheorie, anfangs nicht gleich in diesem Umfange auf, sondern ließ sie nur für den trockenen Zustand dieser Verbindungen gelten, während sie bei der Auflösung durch Wasserzersetzung sich in Verbindungen von Oxyd mit der entsprechenden Wasserstoffsäure verwandeln sollten. Berzelius behauptete lange Zeit die ältere Ansicht in ihrem ganzen Umfange, bis ihn die Beobachtung, daß trockenes Chlornatrium durch wasserfreie Schwefelsäure nicht zerlegt werde, sondern blos bei Gegenwart von Wasser, dessen Sauerstoff ans Natrium und der Wasserstoff ans Chlor trete, bewog, die erwähnte Ansicht nicht blos für diese Verbindungen im trockenen, sondern auch im aufgelösten Zustande gelten zu lassen. Sertürner will indessen bei dem angegebenen Versuche Hydrochlorgas erhalten haben, Kastner selbst aus geschmolzenem Chlornatrium und Chlorcalcium mit verglaster Phosphorsäure. Mit Kiesel- und Borsäure stellte er jedoch keine Versuche an. Einen noch kräftigeren Beweis ergibt übrigens Longmaid's Beobachtung[1]), daß man durch Erhitzen von Chlornatrium mit schwefelsaurem Eisenoxyd, sowie durch das Erhitzen der ausgetrockneten Chloride verschiedener Schwermetalle selbst, namentlich Eisen, Mangan, Kupfer, Zink und Blei in (durch Chlorcalcium) getrockneter Luft Chlor, in gewöhnlicher feuchter Luft dagegen Chlorwasserstoffsäure erhält. Ferner die Beobachtung H. Rose's, daß wasserfreie Schwefelsäuredämpfe von kalt erhaltenem, trockenem Salmiak, Chlorkalium, Chlornatrium rc. (Vgl. auch Rose in Pogg. Ann. der Phys. u. Chem. 38.

Chlortheorie.

---

1) Dingler's polytech. Journ. Bd. 100. 1846. S. 286 aus London Journ. of arts, April 1846. S. 172.

S. 117 — 123; pharm. Centralb. 1836 S. 596 — 598) ohne Zersetzung absorbirt werden. Die Verbindungen der letzteren Salze mit Schwefelsäure werden erst in der Hitze zersetzt; es entwickelt sich etwas Chlor, dann Schwefelsäure. Endlich die Thatsache, daß, wenn man Chlorwasserstoffgas bei Abschluß der Luft über erhitztes Eisen leitet, Wasserstoffgas entweicht und Eisenchlorür zurückbleibt. Auch eine Eisenchloridauflösung entwickelt an der Luft Chlor unter Abscheidung basischen Chlorids.

Das Gesagte bezieht sich natürlich auch auf die übrigen Wasserstoffsäuren, des Jods, Broms, Schwefels rc.

Die Wasserstoffsäuren zerfallen wie die Sauerstoffsäuren in solche mit einfachem Radikal und in andre mit zusammengesetztem. Zu Letzteren gehören die von Cyan und Schwefelcyan.

Schwefel-, Selen- und Tellursäure sind den Sauerstoffsäuren analog gebildete elektronegative Verbindungen des Schwefels, Selens, Tellurs mit elektronegativen Metallen wie Arsen, Antimon, worin aber Letztere den positiven Bestandtheil bilden. Sie heißen nach Berzelius auch **Sulphide, Selenide, Telluride.**

Begriff von Basis.

Die **Basen** sind meist Sauerstoffverbindungen der Metalle; doch rechnet Berzelius wie zu den Säuren die elektronegativen, so zu den Basen die positiven Verbindungen dieser Stoffe als Schwefel-, Selen- und Tellurbasen und heißt dieselben **Sulphurete, Seleniete** und **Tellurete,** die übrigens wie die entsprechenden Säuren noch wenig gekannt sind. Es gehören hierher im weiteren Sinne auch viele ternären und quaternären Verbindungen, die verschiedenen organischen Basen.

5) In Beziehung zur Salzbildung theilt Berzelius die elektronegativen Stoffe folgendermaßen ein:

a. **Salzbilder** oder **Haloide,** Corpora halogenia; elektronegative Elemente, durch deren unmittelbare Verbindung mit den Metallen Salze entstehen. Zu den einfachen gehören Chlor, Brom, Jod, Fluor, zu den zusammengesetzten Cyan und Schwefelcyan.

b. **Amphigene Körper, Säuren- und Basenbilder,** oder der Kürze wegen blos **Basenbilder** genannt; Körper, welche mit den Metallen selbst nicht unmittelbar Salze, sondern elektropositive und elektronegative Verbindungen, Basen und Säuren hervorbringen, aus deren Vereinigung erst Salze entstehen, Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur.

c. Körper, welche keine der angegebenen Eigenschaften besitzen, aber mit den Stoffen der vorigen Abtheilung Säuren bilden, nämlich Stickstoff, Phosphor, Bor, Kohlenstoff, Kiesel, Arsen und die elektronegativen Metalle.

6) Nach der Atomzahl, wonach sich Säuren und Basen verbinden, zerfallen

a. die Säuren in **einbasige,** wenn 1 Atom davon mit 1 At. einsäuriger Basis ein neutrales Salz bildet, wie die Kohlensäure, Kieselsäure, Titansäure, schweflige und Schwefelsäure, in **zweibasige,**

wovon 1 At. auf 2 At. Basis kommt, wohin blos die Pyrophosphorsäure gehört, und in **dreibasige**, wovon 1 At. 3 At. einsäuriger Basis erfordert, oder wenn 1 oder 2 At. Basis fehlen, dafür so viele At. Wasser. Hierher gehören die phosphorige, die gewöhnliche Phosphor- und Arsensäure. Auch die Thonerde, das Chrom-, Mangan- und Eisenoxyd, in wieferne sie als Säuren auftreten, scheinen hierher zu gehören.

b. Die Basen zerfallen ebenso in **einsäurige**, wovon sich 1 Atom mit 1 At. einbasiger Säure zu Neutralsalz verbindet. Hierher gehören alle, welche 1 At. Sauerstoff auf 1 oder 2 At. Metall enthalten, wie Kali ($\dot{K}$), Magnesia ($\dot{Mg}$), Quecksilberoxydul ($\dot{\overline{Hg}}$) und -Oxyd ($\dot{Hg}$); in **zweisäurige**: 1 At. Basis auf 2 At. einbasiger Säure, sie enthalten 1 At. Metall auf 2 At. Sauerstoff, wie Vanadium- ($\ddot{V}$), Molybdän- ($\ddot{Mo}$) und Zinnoxyd ($\ddot{Sn}$), und in **dreisäurige**: 1 At. Basis auf 3 At. einbasiger Säure, sie enthalten 1 oder 2 At. Metall auf 3 At. Sauerstoff, wie Thonerde ($\dddot{\overline{Al}}$), Chromoxyd ($\dddot{\overline{Cr}}$), Uran- ($\dddot{\overline{U}}$), Eisen- ($\dddot{\overline{Fe}}$) und Antimonoxyd ($\dddot{\overline{Sb}}$) und arsenige Säure ($\dddot{\overline{As}}$).

Man sieht hieraus, daß die 1-, 2- 3säurige Natur der Basen mit ihrem Sauerstoffgehalt zusammenhängt. Auf jedes Atom Sauerstoff der Basis kommt 1 At. einer einbasigen Säure, und das Sauerstoffverhältniß zwischen Basis und Säure bleibt sich stets gleich. So verhält es sich bei der Schwefelsäure zu dem einer Basis wie 3 : 1, sie mag 1-, 2- oder 3säurig sein, bei der Kohlensäure wie 2 : 1, bei der Salpetersäure wie 5 : 1, bei der Pyrophosphorsäure wie 5 : 2, bei der gewöhnlichen Phosphorsäure wie 5 : 3 rc.

Das Wasser bildet gleichsam die Grenze zwischen den Säuren und Basen. Man kann es sowohl als elektronegativen Körper, als Wasserstoffsäure betrachten, als auch als elektropositiven, als Basis, und es verbindet sich auch mit den binären Verbindungen wie jede andere Säure oder Base und richtet sich in diesen Verbindungen, **Hydraten**, ganz nach den Gesetzen der Sättigungscapacität; es vertritt Säure oder Basis, wenn diese aus ihren wechselseitigen Verbindungen treten, ja es läßt sich meist aus der Wassermenge, welche das Hydrat einer Säure enthält, auf die Zusammensetzung ihrer Salze schließen, insofern ein gleiches Äquivalent Basis an dessen Stelle tritt, doch behält in manchen Salzen die Säure ihr Hydratwasser bei, **Halbhydrate**.

Salze.

Ältere Ansichten über die Salze.

Früher verstand man unter **Salz** jeden in Wasser auflöslichen, durch eigenthümlichen Geschmack und meist auch durch Krystallisirbarkeit ausgezeichneten zusammengesetzten Körper und theilte die Salze in 1) *saure*, unsere jetzigen Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren; 2) *alkalische* oder Lau-

gensalze, unsere jetzigen Alkalien und 3) eigentliche Salze, welche wieder zerfielen in a) Neutralsalze, Verbindungen der Säuren mit Alkalien, b) Mittelsalze, Verbindungen der Säuren mit anderen Basen, bei denen man wieder unterschied in α) erdige Mittelsalze, Verbindungen der Säuren mit Erden und β) Metallsalze, Verbindungen der Säuren mit Schwermetalloxyden. Die in Wasser unlöslichen Verbindungen der Alkalien, Erden und Metalloxyde, wie Kalkspath, Bleivitriol wurden nicht zu den Salzen, sondern zu den Erden und Metallkalken gezählt, dagegen sah man den Zucker für ein vegetabilisches Salz an.

Mit Einführung der antiphlogistischen Lehre definirte man die Salze als Verbindungen der Säuren mit salzfähigen Basen.

Nach Aufstellung der Chlortheorie (vgl. S. 43) hätte indessen diese Definition das Kochsalz (Na Cl), das doch den Namen Salz zuerst führte, sowie die ganze Reihe der Haloidverbindungen (vgl. S. 44) aus der Abtheilung der Salze ausgeschlossen, welchen sie sich doch sonst offenbar in jeder Beziehung anreihen. Ferner hat Berzelius in Erwägung, daß Schwefel, Selen und Tellur sich ebenso wie der Sauerstoff mit anderen Stoffen in mehreren Verhältnissen vereinigen und damit zwei Reihen von Verbindungen (vgl. S. 44) hervorbringen, die sich als Basen und Säuren analog den Sauerstoffverbindungen wieder mit einander verbinden — vorgeschlagen, auch diese Verbindungen in die Reihe der Salze aufzunehmen.

Definition von Salz.

Man versteht folglich nach diesen neueren Ansichten unter **Salz** die Verbindungen der Säuren mit Basen, sowie der den Säuren analogen Elemente, der sogenannten Salzbilder mit den Metallen.

Eintheilung der Salze.

1) Nach ihrem elektronegativen Bestandtheil (vgl. S. 41) theilt man sie in

a. **Amphidsalze**, Verbindungen einer Sauerstoff-, Schwefel-, Selen- oder Tellursäure mit einer entsprechenden positiven Sauerstoff-, Schwefel-, Selen- oder Tellurverbindung als Basis. Die meisten, wichtigsten und am Genauesten untersuchten sind die Sauerstoffsalze, welche durch Verbindung einer Sauerstoffsäure mit einer Sauerstoffbasis entstehen, wie Salpeter, Eisen- und Kupfervitriol, Weinstein ꝛc. Weniger untersucht sind die **Schwefelsalze**, Verbindungen von Schwefelsäuren und Schwefelbasen (s. S. 44), z. B. die Verbindung des Schwefelkohlenstoffs mit Schwefelkalium, worin Ersterer die Basis, Letzteres die Säure bildet. Noch weniger ist von den Selen- und Tellursalzen bekannt.

b. **Haloidsalze**, Verbindungen der Salzbilder, Haloide, wie Fluor, Chlor, Brom, Jod und Cyan, mit den Metallen.

2) Eintheilung der Salze nach ihrem positiven Bestandtheil.

a. **Alkalische**, die Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Alkalien, Kali, Natron, Lithion, oder der Salzbilder mit deren Metallen, z. B. schwefelsaures Kali oder Natron, Chlorkalium, Chlornatrium ꝛc.

b. **Erdige Salze**, die Verbindungen der alkalischen Erden, wie Kalk, Baryt, Magnesia und wirklicher Erden, wie Thonerde, mit Sauerstoffsäuren, oder ihrer Metalle mit den Salzbildern, z. B. schwefelsaurer Kalk oder Baryt, Chlorcalcium, Chlorbaryum.

c. **Metallsalze**, in denen die Schwermetalle oder ihre Oxyde den positiven Bestandtheil bilden.

Dieselbe Eintheilung gilt natürlich auch für die Schwefel-, Selen- und Tellursalze.

3) *Eintheilung der Salze nach dem Vorwalten des elektronegativen oder positiven Bestandtheils.*

a. **Neutrale Salze:** Keiner von beiden Bestandtheilen ist vorwaltend. In den hierher gehörigen Amphidsalzen ist in der Regel 1 Atom Basis auf 1 At. Säure enthalten, doch erfordern manche zur Neutralität mehr Säure, andere mehr Basis. (Vgl. S. 44 6 a und 45 b).

Die Haloidsalze sind neutral, wenn der Salzbilder so viel Äquivalente beträgt, als Sauerstoff nöthig ist, um das Metall zur Basis zu machen.

Früher wurden nur jene Salze neutral genannt, welche mittelst des Geschmacks und der Reaction auf Pflanzenfarben weder ein Vorwalten der Basis, noch der Säure erkennen ließen. Allein sie zeigen diese Neutralität nur dann, wenn sie entweder unlöslich sind, oder wenn Basis und Säure gleiche Mächtigkeit haben. So ist z. B. im neutralen kohlensauren Kali ($\dot{K}\ddot{C}$) die Basis sehr mächtig, die Säure aber schwach, es schmeckt daher alkalisch und bläut geröthetes Lackmuspapier; beim schwefelsauren Kupfer ($\dot{Cu}\dddot{S}$) dagegen ist die Säure verhältnißmäßig mächtiger, es reagirt daher sauer. Gmelin verwirft daher den Namen Neutralsalz als unpassend und schlägt dafür den Namen **Normalsalz** vor.

b. **Saure Salze** sind jene, welche mehr Atome Säure enthalten, als zur Bildung der Neutralsalze erforderlich sind. *Saure Haloidsalze* sind Verbindungen der neutralen Haloidsalze mit den Wasserstoffsäuren ihres elektronegativen Bestandtheils. So ist z. B. saures, schwefelsaures oder doppeltschwefelsaures Kali eine Verbindung von 1 Atom Kali mit 2 At. Schwefelsäure ($\dot{K}\dddot{S}_2$), während das neutrale oder einfach schwefelsaure Salz nur 1 At. Säure enthält ($\dot{K}\dddot{S}$), so ist saures Goldchlorid ($AuCl_3 + HCl$) eine Verbindung von Goldchlorid mit Salzsäure. Man unterscheidet *anderthalb-, zwei- oder doppelt-, drei- und vierfachsaure Salze*, je nachdem die Menge der Säure ein Vielfaches von der Quantität im Neutralsalz ist.

Viele sauren Salze reagiren sauer, einige aber neutral und manche selbst alkalisch, wenn die Basis sehr stark und die Säure sehr

schwach ist, wie bei doppelt kohlensaurem Kali ($\dot{K}\ddot{C}_2$) und dem Borax, doppeltborsaurem Natron ($\dot{Na}\dddot{B}_2$).

c. **Basische Salze** entstehen, wenn 1 oder mehrere Atome Neutralsalz noch 1 oder mehrere At. Basis aufnehmen, und heißen einfach, zweifach, dreifach, halb ꝛc. basische Salze, wenn zu 1 Atom Neutralsalz 1, 2, 3, ½ At., oder zu 2 At. Neutralsalz 1 At. Basis oder Metall hinzukommt. Haloidsalze nehmen aber hierbei kein Metall, sondern das ihrer Verbindungsstufe entsprechende Oxyd auf, so daß z. B. unter basischen Chlorüren Verbindungen von Chlorür mit Oxydul zu verstehen sind.

Basische Schwefel-, Selen- und Tellursalze sind noch nicht bekannt.

Der größere Theil der basischen Salze ist unlöslich und zeigt daher keine Reaction.

4) Eintheilung der Salze nach der Stufe der Zusammensetzung.

a. **Einfache**, wenn nur **eine** Säure mit einer Basis, oder ein Salzbilder mit einem Metall verbunden ist.

b. **Doppelsalze** sind Verbindungen von zwei Salzen von einerlei negativen und zweierlei positiven Bestandtheilen, wie der Alaun ($\dot{K}\dddot{S} + \ddot{\bar{Al}}\dddot{S}_3$), das Platinkaliumchlorid ($Pt\,Cl_2 + K\,Cl$), das Cyaneisenkalium ($2\,K\,Cy + Fe\,Cy$), oder einerlei positiven und zweierlei negativen Bestandtheilen, wie der Datolith ($\dot{Ca}\dddot{B} + \dot{Ca}\dddot{Si}$), der Sphen ($\dot{Ca}\dddot{Ti}_3 + \dot{Ca}\dddot{Si}_3$). Salze mit zwei Basen sind indessen weit häufiger als solche mit zwei Säuren.

c. **Zwillingssalze**, Verbindungen aus Salzen von ungleichen negativen und zugleich ungleichen positiven Bestandtheilen wie der Boraxweinstein ($3\,K\bar{T}_2 + \dot{Na}\dddot{B}_2$).

d. **Dreifache, Tripel-** oder **doppelte Doppelsalze** sind Verbindungen von zwei Doppelsalzen, welche ein Salz gemeinschaftlich haben, z. B. die Verbindung des Kalialauns mit dem Ammoniakalaun, des Kaliumeisencyanürs mit Calciumeisencyanür.

Andere Eintheilungen sind z. B. nach der Säure in kohlensaure, schwefelsaure ꝛc. Salze, oder nach der Basis in Kali-, Natron-, Kalk- ꝛc. Salze; in auflösliche und unauflösliche, leicht und schwerlösliche, in krystallisirbare und nicht krystallisirbare, nach ihrem Verhalten an der Luft in luftbeständige, wenn sie der Luft ausgesetzt keine Veränderung erleiden, wie Salmiak, Salpeter, reines Kochsalz ꝛc., in verwitternde und zerfließende. Enthalten verwitternde Salze wenig Wasser, so werden sie mit Beibehaltung ihrer Form oft nur undurchsichtig und milchweiß, während sie bei größerem Wassergehalte zu Pulver zerfallen.

Nomenclatur der chemischen Verbindungen.

In den Zeiten, wo man die Zusammensetzung der chemischen Verbindungen noch wenig oder gar nicht kannte, wurden dieselben nach physikalischen Eigenschaften, nach ihrer Anwendung, oder nach geschichtlichen Veranlassungen benannt. Viele dieser Benennungen sind auch jetzt noch theils wegen ihrer großen Verbreitung, theils wegen ihrer Kürze in Gebrauch. Die in neuerer Zeit entdeckten Verbindungen hat man dagegen nach ihrer chemischen Zusammensetzung benannt, diejenigen ausgenommen, deren vielfache Zusammensetzung eine solche Benennung zu schleppend machen würde, wie namentlich die große Zahl der organischen Verbindungen, welche fast alle aus den vier Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen und sich von einander nur durch die verschiedenartige Verbindungsweise dieser Elemente unterscheiden.

Die Verbindungen der Elemente unter einander selbst oder mit den zusammengesetzten Radikalen werden nach ihren negativen Bestandtheilen, wie Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel ꝛc. benannt und man unterscheidet demnach:

Nomenclatur der Sauerstoffverbindungen.

Sauerstoffverbindungen. Die neutralen und basischen oder elektropositiven heißen **Oxyde**, von Oxygen, Sauerstoff, die, welche saure Eigenschaften zeigen (vgl. S. 41 u. 42), **Säuren**. Das Wort Oxyd wird dem Namen des positiven Elements angehängt, wie Wasserstoffoxyd, Kaliumoxyd, wovon das erste ein neutrales, das andere ein basisches Oxyd oder eine Base ist. Verbindet sich ein und dasselbe Element in zwei Verhältnissen mit Sauerstoff, welche Beide Basen sind, so heißt das mit der geringeren Menge Sauerstoff **Oxydul**, das andere **Oxyd**, z. B. Eisenoxydul eine Verbindung von 1 Atom Eisen mit 1 At. Sauerstoff, Eisenoxyd: 2 At. Eisen mit 3 At. Sauerstoff. Die Verbindungen, welche weniger Sauerstoff enthalten, als zur Bildung einer Basis erforderlich ist, heißen **Suboxyde** (Hypoxyde, Unteroxyde), solche, die mehr enthalten, **Superoxyde (Hyper-, Über- oder Peroxyde)**, z. B. Bleisuboxyd $\dot{\overline{\mathrm{Pb}}}$, Bleioxyd $\dot{\mathrm{Pb}}$, Bleisuperoxyd $\ddot{\mathrm{Pb}}$, Manganoxydul $\dot{\mathrm{Mn}}$, -Oxyd $\dddot{\overline{\mathrm{Mn}}}$, -Hyperoxyd $\ddot{\mathrm{Mn}}$, -Säure $\dddot{\mathrm{Mn}}$ und -Übersäure $\overset{\cdots\cdots}{\overline{\mathrm{Mn}}}$.

Wo zwei Suboxyde oder Hyperoxyde vorkommen, unterscheidet man wie beim basischen Oxyd ein **Suboxydul** und **Suboxyd**, ein **Hyperoxydul** und **Hyperoxyd**. Es sind also Suboxydul und Suboxyd neutrale, Oxydul und Oxyd basische, und Superoxydul und Superoxyd ebenfalls neutrale Oxyde. Bisweilen drückt man den Sauerstoffgehalt genauer aus, indem man unter **Bioxyd** ein Oxyd versteht mit zwei Mal, unter **Sesquioxyd** eines, welches anderthalb Mal so viel Sauerstoff enthält als das Oxyd, ebenso verhält es sich mit **Sesquioxydul**. Diese Bezeichnung wird nothwendig, wenn ein Metall mehr als zwei Basen (Oxydul und Oxyd) mit Sauerstoff bildet; so kennt man vom Iridium ein Oxydul, Sesquioxydul, Oxyd und Sesquioxyd.

Die Franzosen und Engländer zählen die Oxyde eines Metalls und benennen sie nach der Reihenfolge. Dasjenige, welches am wenigsten Sauerstoff enthält, heißt **Protoxyd**, dann folgt das zweite, **Deutoxyd**, dann das dritte, **Tritoxyd**, oder wenn es zugleich das letzte ist, **Peroxyd**.

Die Nichtmetalle bilden mit Sauerstoff keine Basen, sondern blos neutrale Oxyde und Säuren. Man nennt aber dennoch die untern Verbindungsstufen Oxydule und Oxyde, die höheren Hyperoxyde, wie Stickstoffoxydul und -Oxyd, Wasserstoffoxyd (Wasser) und -Hyperoxyd.

Einige basische Metalloxyde, welche viel früher bekannt waren, als die Metalle aus denen sie bestehen, behielten ihre älteren Namen, wie Kali, Natron, Lithion, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Thonerde, Beryllerde, Yttererde, Zirkonerde, Thorerde statt Kalium-, Natrium-, Lithiumoxyd rc.

Die Oxyde des Kaliums, Natriums, Lithiums und das Ammoniak (aus Stickstoff und Wasserstoff bestehend: NH_3) heißen **Alkalien** (von Kali, oder Alkali), die von Baryum, Strontium, Calcium und Magnesium, **alkalische Erden**, die vom Aluminium, Beryllium, Yttrium, Zirkonium und Thorium heißen **Erden**. Die übrigen Oxyde der Schwermetalle, gewöhnlicher blos **Metalloxyde**.

Nomenclatur der Säuren.

Säuren. Man hängt dem Namen des positiven Elements das Wort Säure an, wie Schwefelsäure, Chromsäure. Beim Vorkommen zweier Säuren eines Elements bezeichnet man die mit der geringeren Menge Sauerstoff durch Umwandlung des Namens des Elements in ein Adjectiv mit der Endsylbe icht, oder gewöhnlicher ig, z. B. schweflichte, besser schweflige Säure, während im Lateinischen ein Adjectiv auf icum, französ. ique, engl. ic die vollkommene, auf osum, französ. eux, engl. ous die schwächere Säure bezeichnet, z. B. Acidum sulphuricum, französ. Acide sulfurique, engl. Sulfuric Acid; Acidum sulphorosum, Acide sulfureux, Sulfurous acid. Bei drei oder noch mehr Säuren eines und desselben Radikals wird die erste und dritte nach der zweiten und vierten benannt durch Vorsetzung von Unter, sub, oder hypo, z. B. unter- oder hyposchweflige Säure und Unterschwefelsäure rc., Acidum subsulphurosum oder hyposulphurosum und subsulphuricum rc. Eine Säure, welche mehr Sauerstoff, als die vollkommene Säure enthält, wird durch Vorsetzung von Über oder hyper bezeichnet, z. B. Überchlorsäure, Acidum hyperchloricum.

Die Wasserstoffsäuren s. unter den Wasserstoffverbindungen.

Wie von den Basen haben auch einige Säuren, namentlich die organischen, die bekannten älteren empirischen Namen behalten, wie Salpetersäure statt Stickstoffsäure; Salzsäure wird noch ebenso häufig gebraucht als Chlorwasserstoffsäure rc.

Die Verbindungen des Chlors, Broms, Jods und anderer elektronegativer Elemente mit positiven werden ähnlich wie die Sauerstoffverbindungen bezeichnet. Es entsprechen nämlich den Oxyden die **Chloride**, Bromide, Jodide, Fluoride, Cyanide, Sulphide, den Oxydulen die **Chlorüre**, Bromüre, Jodüre, Fluorüre, Cyanüre, Sulphüre. Auch hier wird der Gehalt am negativen Element wie bei den

Sauerstoffverbindungen durch die Wörter sesqui und bi ausgedrückt, Sesquichlorid, Bichlorid ꝛc. Doch braucht man hierfür auch die Ausdrücke einfach, anderthalb, doppelt, z. B. Einfachchloreisen, Anderthalbchloreisen, Einfachchlorzinn.

Die den Hyperoxyden entsprechenden Chlorverbindungen sind noch viel unbeständiger als diese und zerfallen so leicht in Chlorüre oder Chloride und Chlor, daß man kaum ihre Existenz nachweisen kann. Die den Säuren entsprechenden Chlorverbindungen sind in der Regel viel beständiger und man hat ihnen die Namen **Hyperchlorüre** und **Hyperchloride** oder **Perchloride** beigelegt. So entspricht das Manganhyperchlorid der Übermangansäure, so hat man auch ein Arsenhyperchlorid. Wo nur *eine* Chlorverbindung vorkommt, setzt man das Chlor einfach voraus, wie Chlorkiesel, Chlorbor.

Die als Basen auftretenden positiven Schwefelverbindungen heißen **Sulphurete** oder **Sulphobasen**, die als Säuren sich verhaltenden **Sulphide** oder **Sulphosäuren**. Die **Subsulphurete** entsprechen den Suboxyden. Sesqui-, Bisulphuret, Untersulphuret, einfach Schwefeleisen ꝛc. ergeben sich von selbst. Wo nur eine Verbindung vorhanden ist, sagt man schlechtweg Schwefelsilber, Schwefelzink ꝛc. [1])

Wasserstoffverbindungen. Die Verbindungen desselben mit Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan sind Säuren und heißen **Wasserstoffsäuren.** Sie heißen **Chlorwasserstoffsäure**, Cyanwasserstoffsäure, oder blos Chlorwasserstoff, oder Hydrochlorsäure ꝛc. Ebenso sagt man Schwefel-, Selen- oder Tellurwasserstoffsäure, oder blos Schwefelwasserstoff, Hydrothionsäure ꝛc.

Die Verbindungen des Wasserstoffs mit Kohlenstoff haben größtentheils noch empirische Namen, wie Sumpfgas, ölbildendes Gas ꝛc.

Die Verbindungen des Phosphors, Kohlenstoffs, Kiesels, auch des **Stickstoffs** mit den Metallen heißen gewöhnlich Phosphor-, Kohlenstoff-, Stickstoffmetalle ꝛc., doch sagt man auch Eisencarburet u. dgl.

Die Verbindungen der Metalle unter einander heißen **Legirungen.** Man benennt sie entweder nach dem in vorwaltender Menge vorhandenen Metalle, Silber-, Kupferlegirung ꝛc., oder Legirung des Silbers mit Kupfer, des Kupfers mit Zink ꝛc. Die Legirungen des Quecksilbers heißen **Amalgame**, z. B. Silberamalgam, Zinnamalgam.

Nomenclatur der Salze.

Zu den **Verbindungen der zweiten Ordnung** gehören vorzüglich die **Salze.** Man bildet bei ihrer Benennung aus der Säure ein Adjectiv, während die Basis das Substantiv ausmacht, z. B. schwefelsaures Kali, Kali sulphuricum, schwefligsaures Kali, Kali sulphurosum etc. Wo nur ein Oxyd vorkommt, sagt man wohl auch blos schwefelsaures Blei statt schwefelsaures Bleioxyd ꝛc. Zweckmäßig ist auch die Übertragung der französischer Nomenclatur der Salze, z. B. **Bleisulphat**, Sulphas plumbi von Sulfate de plomb, wo die Säure als Substantiv mit dem Namen der Basis im Genitiv verbunden wird. Namentlich ist es bequem als

1) Mehr hierüber im besondern Theil bei den Schwefelmetallen.

Bezeichnung einer ganzen Klasse, statt z. B. schwefelsaure, salpetersaure, essigsaure Verbindungen zu sagen die Sulphate, Nitrate, Acetate.

Die Schwefelsalze bezeichnet man gewöhnlich blos durch Nebeneinandersetzen der Namen der beiden Bestandtheile, z. B. Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, Antimonpersulphid-Schwefelnatrium rc.

Die Verbindungen der Chloride, Jodide Cyanide rc. unter einander heißen Doppelchloride, Doppelcyanide rc. Man setzt die Namen der Bestandtheile neben einander, den des negativen Bestandtheils gewöhnlich aber blos einmal, z. B. Platinkaliumchlorid, Kaliumeisencyanür u. s. w. oder auch Chlorplatinkalium, Cyaneisenkalium rc.

Die Verbindungen des Wassers mit zusammengesetzten Körpern heißen **Hydrate**, Kalihydrat, Eisenoxydhydrat, Schwefelsäurehydrat.

Die Verbindungen von Sulphureten und von Chloriden mit Oxyden heißen **Oxysulphurete, Oxychloride.**

Zu den Verbindungen der dritten Ordnung gehören vorzüglich die Doppelsalze aus Sauerstoffverbindungen. Gewöhnlich sind nur die Basen verschieden. Man setzt dann das die Säuren bezeichnende Adjectiv nur einmal, z. B. schwefelsaure Kalithonerde, das Doppelsalz aus schwefelsaurem Kali mit schwefelsaurer Thonerde.

Die organischen Verbindungen, deren Radikale noch nicht mit Sicherheit erkannt sind, werden vorläufig mit empirischen Namen bezeichnet. Doch gibt man wenigstens ähnlichen Körpern eine gemeinschaftliche Endsylbe. So erhalten z. B. die Alkaloide die Endung in, wie Chinin, Cinchonin, Alkaloide der Chinarinde, Strychnin, Alkaloid der Strychnosarten. Die Endung on bezeichnet die Verbindungen, welche entstehen, wenn einer organischen Säure durch eine starke Base Kohlensäure entzogen wird, z. B. Aceton, Stearon.

Zur Vergleichung der deutschen, lateinischen, französischen und englischen Nomenclatur mögen folgende Beispiele dienen:

Deutsche.	Französische.	Englische.	Lateinische.
Kaliumoxyd (Kali)	Oxide de potasse	Oxide of potasse	Oxydum kalicum
Eisenoxydul	Protoxide de fer	Protoxide of iron	Oxydum ferrosum
Eisenoxyd	Peroxide de fer	Peroxide of iron	Oxydum ferricum
Schwefelsäure	Acide sulfurique	Sulfuric acid	Acidum sulphuricum
Schweflige Säure	Acide sulfureux	Sulfurous acid	Acidum sulphurosum
Schwefelsaures Kali (Kalisulphat)	Sulfate de potasse	Sulfate of potasse	Sulphas kalicus
Schwefligsaures Natron	Sulfite de soude	Sulfite of soda	Sulphis natricus
Schwefelblei	Sulfure de plomb	Sulfuret of lead	Sulphuretum plumbicum
Kohlenstoffsulphid	Sulfide de carbone	Sulfide of carbon	Sulphidum carbonicum

Chemische Operationen.

Viele chemische Verbindungen und Zersetzungen erfolgen scheinbar von selbst, weil die zur Erregung eines chemischen Prozesses nöthigen Bedingungen schon durch die Natur herbeigeführt worden sind. So verwandelt sich der Zucker des ausgepreßten Traubensaftes ohne unser weiteres Zuthun bei gewöhnlicher Temperatur in Weingeist und Kohlensäure, weil die Natur schon die zu dieser Zersetzung nöthigen Bedingungen: Lösung des Zuckers in Wasser und die Gegenwart eines Körpers vermittelt hat, welcher aus der Luft Sauerstoff anzieht unter Entwickelung von Kohlensäure und dabei ebenfalls den Zucker zur Kohlensäureentwickelung durch einleitende Verwandtschaft veranlaßt. Wollen wir, daß ein Stück Zucker sich ebenfalls in Weingeist und Kohlensäure verwandele, so müssen wir die zur Zersetzung nöthigen Bedingungen künstlich herbeiführen, ihn in Wasser auflösen und mit einem die Zersetzung einleitenden Körper (Ferment) zusammenbringen.

Chemische Operation.

Die Bewirkung eines chemischen Prozesses durch die Kunst heißt **chemische Operation.** Die hierzu nöthigen Geräthschaften heißen **chemische Apparate**, und der Ort, wo diese Operationen ausgeführt werden, **chemisches Laboratorium.**

Die chemischen Operationen dienen nicht blos zur Veranlassung, sondern auch zur Beförderung und Beendigung des chemischen Prozesses.

Eintheilung der chemischen Operationen.

Man theilt sie nach ihrem Zweck in **Darstellungen** einfacher oder zusammengesetzter Körper (**Synthese**), in die Untersuchung des chemischen Verhaltens (**Reaction**, vgl. S. 63) und in die Ausmittelung der chemischen Zusammensetzung der Körper, oder **Analyse.**

Man theilt sie ferner nach der Quantität des verarbeiteten Materials und der dieser entsprechenden Größe der Apparate in mikrochemische und makrochemische Operationen.

Mikrochemische Operationen heißen dieselben, wenn sie blos für wissenschaftliche Zwecke angestellt werden, wo man mit Unzen, Drachmen und Granen seine Absicht erreicht, oft mit noch mehr Genauigkeit als bei großen Quantitäten, während zugleich die Ersparniß an Zeit und Material bedeutend ist.

Die **makrochemischen Operationen** werden auf Hüttenwerken, in chemischen Fabriken, pharmaceutischen Laboratorien etc. angestellt und sind ein Gegenstand der angewendeten Chemie. Es wird demnach hier nur vorzugsweise von mikrochemischen Operationen die Rede sein.

Beide Arten hat man wieder eingetheilt, je nachdem sie blos die Änderung der Form der Körper bezwecken, oder auf das Wesen der Körper selbst einwirken, in mechanische und eigentlich chemische Operationen.

Beide Abtheilungen lassen sich indessen nicht strenge von einander trennen, da manche Operationen in einem Falle blos mechanisch, in einem andern aber wieder chemisch wirken können. So kann man z. B. durch Sublimation und Destillation sowohl blos gemengte Körper trennen, als auch chemische Verbindungen zersetzen, wenn durch die Erhitzung die Expansivkraft eines Bestandtheils über die Verwandtschaft zum andern vorwaltend

wird. So erhalten die meisten Körper durch die Auflösung im Wasser eine zum chemischen Prozesse vorbereitende Zertheilung, mehrere Verbindungen aber werden durch Auflösen in Wasser zersetzt, wie z. B. neutrales salpetersaures Wismuthoxyd in saures auflösliches und basisches unauflösliches Salz.

Man hat ferner die chemischen Operationen eingetheilt in solche auf **nassem Wege**, welche durch Auflösen der Körper in Flüssigkeiten bei niedrigeren Temperaturen ausführbar sind, und solche auf **trocknem Wege**, welche ohne Anwendung von Flüssigkeiten durch bloße Temperaturerhöhung chemische Prozesse bewirken. Allein diese Eintheilung kann höchstens als Unterabtheilung dienen.

Wenn auch nicht genau, doch noch am wenigsten gezwungen, theilt man dieselben ein nach der Folge ihrer Anwendung in solche, die 1) den chemischen Prozeß vorbereiten, 2) einleiten und befördern, und 3) beenden.

A. Vorbereitung zum chemischen Prozesse.

Sollen chemisch verwandte Körper sich gegenseitig verbinden, so müssen sie vor allem in unmittelbare Berührung kommen. Um ihre Berührungsflächen zu vermehren, muß man die Körper möglichst zertheilen. Man sucht die Cohäsion aufzuheben oder zu vermindern durch Auflösung der festen Körper, oder durch Zerkleinerung oder Schmelzung der unauflöslichen. Letztere gehört, wie die besonders bei Zersetzungen nöthige Verflüchtigung, wegen gleichzeitiger Mitwirkung der Wärme, schon zu den Operationen, welche den chemischen Prozeß unterstützen.

1. Zerkleinerung der Naturkörper.

Stoßen. Harte Substanzen, namentlich in größeren Stücken, werden auf einem stählernen **Ambos** mit dem **Hammer** zerschlagen oder in einem Stahlmörser gestoßen, weniger harte in gußeisernen oder messingenen Mörsern.

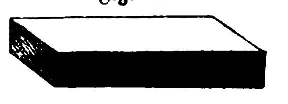


Fig. 1.

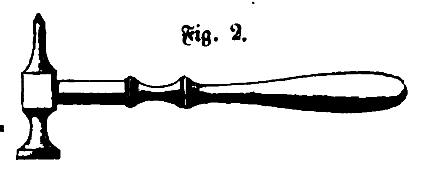


Fig. 2.

Zerreiben. In kleineren Stücken vorkommende, namentlich weichere Körper werden in **Reibschalen** mit **Keule (Pistill)** von Serpentin, härtere in solchen von Porzellan (Fig. 3), Glas, Granit, Feuerstein und Achat (Fig. 4) zerrieben, oder auf **Platten** von Porphyr mit **Läufern** (Fig 5).



Fig. 3. Fig. 4.

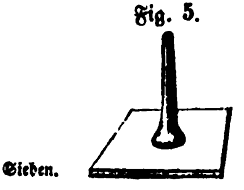


Fig. 5.

Sieben. Da die gröberen Theile eines Pulvers durch Einhüllung in die feineren der Einwirkung der Stoß- oder Reibkeule entgehen, so sondert man beide von Zeit zu Zeit durch **Sieben** ab. Die Siebböden sind entweder

aus Holzspänen, Metalldraht, Haar- oder Seidengeweben mit größeren oder kleineren Maschen gefertigt. Das Durchgehende wird in einer an das Sieb gesteckten Trommel mit Pergamentboden aufgefangen und das Sieb zur Verhütung des Stäubens mit einem ähnlichen Deckel bedeckt.

Schlemmen. Um leichtere, in Wasser einige Zeit schwebende Pulvertheile von schwereren, wie z. B. Lehm oder Humus von Sand zu trennen, **schlemmt** man solche Gemenge, d. h. man vertheilt sie in Wasser und gießt das Wasser mit den leichtern Theilen ab, wenn sich die schwereren zu Boden gesetzt haben.

Zerschneiden. Substanzen, welche sich wegen ihrer Zähigkeit nicht zum Stoßen oder Zerreiben eignen, wie Rinden, Wurzeln, Hölzer, werden entweder zuvor in der Wärme getrocknet, wodurch sie meistens die erforderliche Sprödigkeit erlangen, oder man **zerschneidet** sie, wo keine so feine Zertheilung nöthig ist, z. B. zum Auskochen mit Wasser, mit eigenen **Schneidemessern**, einarmigen Hebeln nach Art der Futtermesser. Hölzer werden auf besondern Schneidemühlen geschnitten.

Raspeln. Eine feinere Zertheilung für zähe Substanzen, wie Holz, Rinden rc., wird durch **Raspeln** derselben, bei andern durch **Zerstampfen** erreicht.

Zerkleinerung der Metalle durch Lamelliren, Zur Zerkleinerung der Metalle dient Hammer und Ambos oder ein **Walzwerk**, um dünnes Blech zu erhalten, welches man dann zerschneidet, oder man wendet Dreh- oder Feilspäne an, von deren Reinheit man jedoch überzeugt sein muß.

Feilen und Spröde Metalle, wie Antimon, lassen sich stoßen, weniger spröde kann man feilen, wenn sie nicht zu weich sind, wie Blei, Zink. Man braucht auch noch zu andern Zwecken Feilen, wie zum Abfeilen und zur Durchbohrung der Korkstöpsel, zum Einschneiden von Glasröhren, Stäben, Kolben rc., um sie abbrechen zu können. Man hat daher flache, dreikantige und runde Feilen.

Granuliren. Weiche, leicht schmelzbare Metalle werden dadurch in kleine Körner verwandelt, **granulirt**, daß man sie geschmolzen in eine innen mit Kreide bestrichene Holzbüchse gießt und nach Aufsetzung des Deckels bis zum Erstarren des Metalls heftig schüttelt, worauf man es in kleine Körner verwandelt findet, oder man gießt das geschmolzene Metall über einen in Wasser befindlichen beständig gelinde geschüttelten Besen.

Vor der Zerkleinerung findet jedoch überall, wo sie anwendbar ist, wegen der Gleichmäßigkeit ihrer Wirkung den Vorzug die Zertheilung durch die

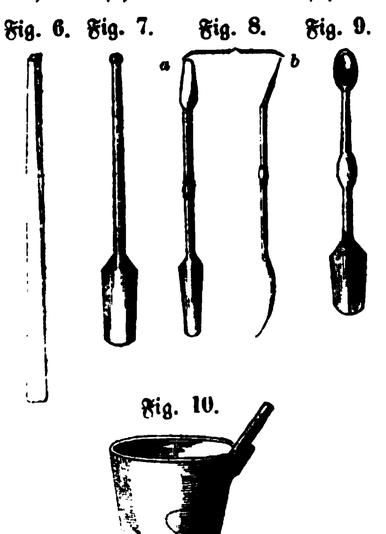
2. Auflösung.

Man versteht darunter das Zusammenbringen von festen Körpern mit Flüssigkeiten, deren Adhäsionskraft für einander größer ist als die Cohäsion des festen oder die Expansivkraft des flüssigen Körpers. Im ersteren Falle vermindert der Erstere, im zweiten vermehrt der Letztere seine Cohäsion, bis beide einen gleichen Aggregatzustand, den des Tropfbarflüssigen erlangt haben. Darnach entsteht auch im ersteren Falle Kälte, wie beim Auflösen von krystallisirtem Chlorcalcium; im letzteren Wärme, wie bei der Auflösung von

geschmolzenem Chlorcalcium. Durch die Auflösung werden die kleinsten Theile des festen Körpers so leicht beweglich und verschiebbar, daß er von flüssigen Körpern leicht und schnell durchdrungen werden kann. Zum Auflösen der festen Körper benutzt man indifferente Flüssigkeiten, welche weder auf den aufzulösenden Körper verändernd einwirken, noch selbst von diesem verändert werden, wie Wasser, Weingeist, Äther, Terpentinöl. Doch können auch diese in manchen Fällen schon wirkliche chemische Prozesse mit der Auflösung herbeiführen. So zersetzt, wie schon oben angedeutet wurde, das Wasser neutrales salpetersaures Wismuthoxyd und Antimonchlorür beim Auflösen in saures und basisches Salz, so verändert der Weingeist den blauen Veilchensaft in ein blaßrothes Pigment, so wirken umgekehrt Chlor, Brom und Jod bei der Auflösung zersetzend auf den Weingeist, indem sie Äther damit erzeugen, so verwandelt ihn ätzendes Kali und Natron zum Theil in Essigsäure und einen braunen Farbstoff rc.

Man bringt den aufzulösenden Körper, am besten in zerkleinertem Zustande, mit der auflösenden Flüssigkeit, dem **Auflösungsmittel** zusammen in ein passendes Gefäß, d. h. wenn die Auflösung schon bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt, in irgend ein Glasgefäß, z. B. in einen Cylinder, wenn dagegen Wärme angewendet werden soll, welche für manche Auflösungen nöthig, für die meisten andern aber wenigstens förderlich ist, in Glaskolben, Phiolen (s. S. 73), Porzellanschalen, oder um Luftzutritt oder den Verlust des verdampfenden Lösungsmittels (z. B. Weingeist, Äther) zu verhüten, in Retorten (s. S. 80).

Die Auflösung wird auch besonders dadurch befördert, daß man die bereits mit Aufgelöstem gesättigte Flüssigkeit vom aufzulösenden Körper von Zeit zu Zeit entfernt und durch neue Flüssigkeit ersetzt. Dies geschieht durch **Umschütteln** des Gefäßes oder **Umrühren** der Flüssigkeit mit **Glasstäben** oder **Spateln** von Holz (Fig. 6), Porzellan, Eisen, Silber oder Platin von verschiedener Form und Größe, auf der einen Fläche etwas convex, auf der andern platt, gerade wie Fig. 7, oder über die Fläche gebogen, wie Fig. 8, *a* von der Fläche und *b* von der Seite gesehen; Platinspatel sind bisweilen mit einem Löffel versehen, wie Fig. 9; oder man löst die Körper in **Reibschalen** (Fig. 3 S. 54), oder eigenen **Solutionsmörsern** (Fig. 10, tiefe Reibschalen mit Ausguß) unter Reiben mit der Keule und öfterem Abgießen der gesättigten Flüssigkeit und Nachgießen von frischer; oder endlich man hängt den aufzulösenden Körper in einem Korbe oder



Siebe oder in einem mit Glasstückchen verstopften Trichter an die Oberfläche der Flüssigkeit in hohen Gefäßen, wo die gesättigte Flüssigkeit vermöge ihres größeren specifischen Gewichts, fortwährend zu Boden sinkt, so daß immer frische Flüssigkeit mit dem aufzulösenden Körper in Berührung kommt, bis endlich die ganze Flüssigkeit gesättigt ist.

Auflösung der Gase in Flüssigkeiten.

Man kann aber nicht blos feste, sondern auch gasförmige Körper in Flüssigkeiten auflösen. Gewöhnlich bezeichnet man indessen diese Operation mit: **Schwängern, Sättigen, Imprägniren** einer Flüssigkeit mit Gas, oder **Aëriren.** Diese Auflösung wird bewirkt, wenn man das in einer Flasche befindliche Gas mit der Flüssigkeit schüttelt, oder gleich bei seiner Entwickelung bis zur Sättigung in dieselbe einströmen läßt. Die Sättigung ergibt sich bei riechenden Gasen aus dem Geruch des überschüssigen Gases, oder im Allgemeinen daraus, daß die Flüssigkeit vom Gas in größerer Menge aus dem Gefäße verdrängt wird als zuvor, oder wenn nach längerem Schütteln beim Öffnen des Gefäßes unter der Sperrflüssigkeit ein Theil der Letzteren ins Gefäß tritt, oder daß, wenn das Gefäß in der Luft geöffnet wird, die Letztere mit Geräusch eintritt. Die Fähigkeit der Flüssigkeiten, Gas aufzunehmen oder zu verschlucken (**Absorptionsvermögen**), wird durch Druck oder durch Rührvorrichtungen bedeutend erhöht (eine genaue Beschreibung dieses Verfahrens findet sich in Berzelius' Lehrbuch der Chemie. 5. Aufl. I. S. 438—441).

Die Flüssigkeiten saugen in der Regel um so weniger Gas ein, je mehr sie schon von einem festen oder gasförmigen Körper gelöst enthalten. Geht jedoch der aufgelöste Körper eine chemische Verbindung mit dem Gase ein, so kann die Auflösung weit mehr Gas absorbiren als die reine Flüssigkeit. Durch Auflösen von Salzen, wie Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz, kann man das Einsaugungsvermögen des Wassers für Gase fast vollständig aufheben.

Die Capacität der verschiedenen Flüssigkeiten für ein und dasselbe Gas steht im Allgemeinen mit deren Dichtigkeit im umgekehrten Verhältniß, so daß die specifisch leichtesten Flüssigkeiten am meisten einsaugen, wie sich aus folgender Übersicht ergibt. Saussure befreite nämlich verschiedene Flüssigkeiten möglichst von Luft und fand, daß 100 Volume Flüssigkeit die beistehenden Volume Gas absorbirten:

Absorbirte Gasarten	Wasser	Gesättigte Kochsalzlösung	Alkohol	Steinöl	Lavendelöl	Baumöl
Schwefligsaures Gas	4378,0	—	11577,0	—	—	—
Schwefelwasserstoffgas	253,0	—	606,0	—	—	—
Kohlensäuregas	106,0	67,0	186,0	169	191	151
Stickstoffoxydulgas	76,0	29,0	153,0	254	275	150
Ölbildendes Gas	15,5	10,0	127,0	261	209	122
Sauerstoffgas	6,5	—	16,25	—	—	—
Kohlenoxydgas	6,2	5,3	14,5	20	15,6	14,2
Wasserstoffgas	4,6	—	5,1	—	—	—
Stickstoffgas	4,2	—	4,2	—	—	—

Die leeren Stellen bedeuten, daß hier keine Versuche angestellt wurden.

Die Consistenz (Dicke oder Zähigkeit) der Flüssigkeiten ändert das Absorptionsvermögen nicht. Doch erfolgt bei zähen oder breiartigen Flüssigkeiten die Einsaugung langsamer, weil sich das Gas langsamer durch die ganze Masse gleichförmig verbreitet.

Ausziehung (Extraction). Auszug. Extrakt.

Werden nur zum Theil löslichen Körpern ihre auflöslichen Theile durch die verschiedenen Auflösungsmittel entzogen, so heißt dies **Ausziehung, Extraction**, die erhaltene Lösung der **Auszug**, welcher bei organischen Substanzen im abgedampften, eingedickten Zustande **Extrakt** heißt.

Einweichen (Maceriren). Réal'sche, hydrostatische Presse.

Beim Ausziehen muß die Flüssigkeit längere Zeit mit dem festen Körper in Berührung bleiben, man nennt dies **Erweichen, Maceriren.** Am schnellsten und vollständigsten wird die Ausziehung durch die **Réal'sche, hydrostatische Presse** bewirkt, wo durch den Druck einer fallenden Flüssigkeitssäule, welche durchs auszuziehende Material hindurchgepreßt wird, alle auflöslichen Theile ausgezogen werden. Weniger Raum erfordert die abgeänderte Extractionsmaschine mit verdichteter Luft, in welcher durch eine Verdichtungspumpe die über der Flüssigkeit eingeschlossene Luft verdichtet wird, oder es wird umgekehrt der Raum unter dem auszuziehenden Material luftleer gepumpt, wodurch die Flüssigkeit vermöge des auf sie von oben frei einwirkenden Luftdrucks hindurchgetrieben wird.

Verdrängung (Deplacirung)

Wird durch eine Flüssigkeitssäule eine andere mit der auszuziehenden Substanz in Berührung gebracht, oder z. B. ein saftreicher organischer Körper ausgepreßt, so nennt man dies **Verdrängung, Deplacirung.** Man fand, daß in den meisten Fällen auch niedrigere Flüssigkeitssäulen hierzu hinreichen, und hat nachher diesen Namen für Ausziehung mit einer niedrigen Flüssigkeitssäule überhaupt gebraucht. Man bedient sich hierzu eines **Verdrängungstrichters** von Glas, von oben und unten etwas verjüngter, bauchiger (Fig. 11), oder für kleinere Quantitäten von cylindrischer Form (Fig. 12); in Ermangelung desselben auch eines gewöhnlichen hohen Glastrichters oder einer gewöhnlichen Wein- oder Eaudecologneflasche mit abgesprengten Boden, deren Mündung nach unten gerichtet in eine andere weitere Flasche gesteckt und so weit verstopft wird mit Papier, Baumwolle, Glasstücken, oder durch Verbinden mit Leinwand, daß die Flüssigkeit das festgedrückte gröbliche Pulver des auszuziehenden Körpers nur tropfenweise zu durchdringen vermag. Die Verdrängungsmethode paßt jedoch nicht für schleimige und mit Flüssigkeiten sehr aufquellende Substanzen, weil sie hier zu langsam zum Ziele führen und die Stoffe oft vor dem vollständigen Ausziehen in Gährung und Fäulniß übergehen würden, oder man müßte wenigstens solche Substanzen mit geschnittenem Stroh u. s. w. vermengen. Will man (z. B. bei

Fig. 11.

Fig. 12.

Äther oder Weingeist) den Verdrängungstrichter luftdicht (mittelst eines durchbohrten Korkes oder durch Einschleifen des Trichters) in den Hals der Flasche (**Recipienten**) setzen, so muß man Letztere zuvor durch Erwärmung luftleer machen.

Anthon's Extractions-apparat.

Um eine Substanz mit einer äußerst geringen Menge Extractionsflüssigkeit möglichst schnell und vollständig und zugleich bei fast abgeschlossener Luft zu extrahiren, empfiehlt Anthon, namentlich zu Auszügen mittelst Weingeist und Äther nachstehenden Apparat: Man füllt die auszuziehende Substanz, wie oben angegeben, in einen Verdrängungstrichter *a*, den man, wenn Erstere ein Pulver ist, unten (bei *b*) mit Baumwolle verstopft, drückt sie etwas ein und beschwert sie nöthigenfalls mit einer seiherartig durchlöcherten Zinnplatte *c*, oder füllt den leeren Raum *d* mit kleinen Kieselsteinen. Der Apparat ist durch Korkstöpsel bei *e* und *f* luftdicht zusammengefügt. Die Extractionsflüssigkeit in dem kleinen Ballon *g*, welcher für 200 Gran eines nicht zu leichten Vegetabils etwa 4 Loth Wasser faßt, wird durch eine Weingeistlampe zum Kochen erhitzt. Die entstehenden Dämpfe durchströmen die zu extrahirende Substanz in *a*, worin sie sich, so lange diese noch nicht die Temperatur des Dampfes angenommen hat, verdichten und dieselbe erweichen. Hat sie endlich die Temperatur des Dampfes angenommen, so gelangt Letzterer durch die Röhre *h* in das Gefäß *i*, wo er sich durch die Abkühlung des im Gefäße *k* befindlichen kalten Wassers, Eises oder Schnees zur tropfbaren Flüssigkeit verdichtet. Ist so die Flüssigkeit größtentheils aus *g* nach *i* übergetrieben, so entfernt man die Weingeistlampe unter dem Ballon *g*. Durch die dadurch erfolgende Abkühlung entsteht in *g* ein leerer Raum, welcher alle in *i* verdichtete Flüssigkeit in den Raum *d* zurückzieht. Dieselbe durchdringt die schon erweichte Substanz und tröpfelt mit den ausziehbaren Theilen derselben gesättigt in *g* herab. Ist Letzteres vollständig geschehen, so erhitzt man *g* von Neuem und wiederholt dies bis zur vollständigen Ausziehung. Ob Letztere erfolgt sei, sieht man daran, wenn die Flüssigkeit farblos abtröpfelt, oder besser, wenn man nach dem Übertreiben des größten Theils der Flüssigkeit den gesättigten Auszug aus *g* ausleert, die übergetretene Flüssigkeit aus *i* in *g* gießt und wie im Anfang verfährt.

Fig. 13.



Bei Extractionen mit Äther und Weingeist gibt man nur wenige Tropfen der Flüssigkeit in *g*, die Hauptmenge aber in *i* und läßt sie auch nie ganz aus *i* zurücktreten, damit sich die übergehenden Dämpfe leichter verdichten. Die Baumwolle sowohl, als die zu extrahirende Substanz darf natürlich nicht zu fest eingedrückt werden, weil sonst durch die in *g*

entwickelten Dämpfe leicht eine Explosion erfolgen könnte. Zur Condensation der Flüssigkeit kann man sich statt des Gefäßes *k* besser eines der weiter unten beschriebenen Kühlapparate bedienen.

Mohr's Extractionsapparat für Weingeist und Aether.

Sicherer, bequemer und mit noch weniger Verlust an Weingeist oder Äther arbeitet man mit **Mohr's Extractionsapparat.** Auf dem mittleren Halse *a* der zweihalsigen Flasche *A* ist der Extractionsapparat *B* mit dem Abflußrohr durch einen Kork luftdicht befestigt. Derselbe besteht aus einem Cylinder von Weißblech *C* (Fig. 15), welcher unten einen Siebboden hat, die auszuziehende Substanz enthält und von einem etwas weiteren Blechcylinder *c* (Fig. 15) umgeben ist. Der Zwischenraum Beider soll nach Umständen kaltes oder warmes Wasser aufnehmen. Der innere Cylinder *C* ist oben durch das Condensationsgefäß *D* und zwar dadurch ziemlich dicht geschlossen, daß sein dünner (unverstärkter) Blechrand um das konische Condensationsgefäß federnd anliegt. Aus dem seitlichen Halse *d* der Flasche *A* geht durch einen Kork eine gebogene Glas- oder Bleiröhre *e* wieder durch einen Kork in dem Rohre *f* (Fig. 14 u. 16) in den engen Raum *b* (Fig. 15 u. 16). Die bis auf den Boden reichende Eingußröhre *g* (Fig. 15) mit dem flachen Gefäß *h* (Fig. 14 u. 16) dient dazu, um kaltes Wasser in das Condensationsgefäß *D* zu füllen. Das warme Wasser fließt oben durch die seitlichen Ausgüsse *i* und *k* (Fig. 14 u. 15) aus und wird durch die Röhre *k* in ein passendes Gefäß abgeleitet. Durch die im Kork *m* befestigte Trichterröhre *l* wird Wasser in den Zwischenraum von *c* und *b* gefüllt.

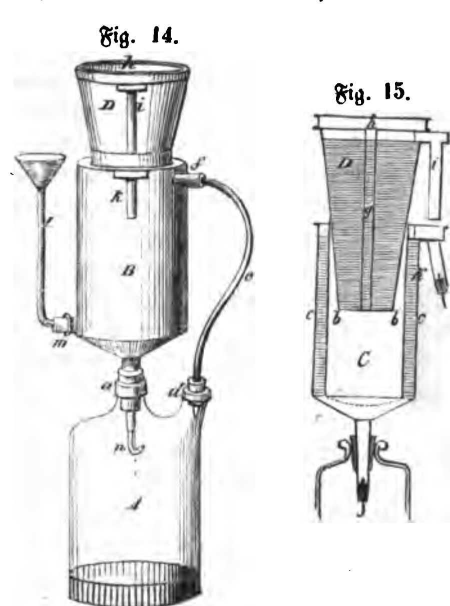


Fig. 14. Fig. 15.

Fig. 16.

Um mit dem Apparate zu arbeiten, gibt man, wie angegeben, die auszuziehende Substanz in den Raum *C* auf einer runden Flanellscheibe auf den Siebboden, nun wird so viel Äther oder Weingeist aufgegossen, daß der ablaufende Theil einige Finger hoch in der Flasche steht. Hierauf setzt man das Condensationsgefäß *D* und die Röhre *e* auf, füllt Ersteres und den Zwischenraum von *b* und *c* mit kaltem Wasser oder noch besser mit Eis oder Schnee und erwärmt die Flasche bei Anwendung von Äther in einem bis zu dessen Höhe reichenden Wasserbad, oder bei Anwendung von Alkohol in einem Chlorcalcium- oder Sandbad. Der vom Auszug ver-

dampfte Äther oder Weingeist steigt durch *e* und verdichtet sich zwischen *b* und *c*, fließt von da auf eine zur gleichmäßigen Vertheilung des Äthers auf die auszuziehende Substanz aufgedrückte Flanellscheibe, durchdringt die Substanz und die untere Flanellscheibe nebst dem Siebboden und tröpfelt von ausgezogenen Theilen gefärbt durch das Röhrchen *n* in die Flasche zurück.

Diesen Kreislauf unterhält man durch Erwärmen der Flasche bis zum Kochen ihres Inhalts so lange, als noch etwas gefärbt abtröpfelt.

Ist ein Zulauf kalten Wassers angebracht, so kann man den Apparat stundenlang sich selbst überlassen ohne merklichen Verlust an Äther oder Weingeist.

Zur Beendigung der Operation hebt man den Apparat aus dem Dampfbad, läßt ihn völlig erkalten, entfernt das Wasser aus dem Raume zwischen *b* und *c* durch Abwärtsdrehen der Röhre *l*, entfernt *e* und verstopft *d*, bringt *f* (Fig. 14 u. 16) durch eine kurze Bleiröhre mit einem Kühlapparat (vgl. S. 79 oder 80) in Verbindung und gießt kochendes Wasser durch *l*, wodurch aller in der Substanz zurückgebliebene Äther in den Kühlapparat überdestillirt. Geht nichts mehr über, so wird nun die Flasche wieder in heißes Wasser gebracht, nachdem der Extractionsapparat abgenommen, *a* verstopft und *d* durch eine Glasröhre mit dem Kühlgefäß in Verbindung gebracht worden ist, um den Auszug bis zur Syrupdicke abzudampfen.

B. Einleitung der chemischen Prozesse.

Sie zerfallen in solche, welche bei gewöhnlicher Temperatur erfolgen, und in andere, welche in der Regel nur bei höherer Temperatur erfolgen.

1. Chemische Operationen ohne Temperaturerhöhung.

Wenn verschiedenartige Körper zur chemischen Verbindung oder zur wechselseitigen Zersetzung auf geeignete Weise vorbereitet, d. h. auf oben angegebene Art in jenen Zustand der Zertheilung versetzt worden sind, in welchem sie einander in ihren kleinsten Theilchen ungehindert durchdringen können, so genügt es in den meisten Fällen schon, sie miteinander in Berührung zu bringen, sie zu mengen, damit sie sich chemisch miteinander verbinden. Man braucht daher die Auflösungen löslicher Substanzen nur zusammenzugießen, ja es reicht meistens schon hin, wenn sich nur einer der zu verbindenden Körper in flüssigem Zustande befindet. Der chemische Prozeß erfolgt dann zuerst auf der Oberfläche des festen und durchdringt ihn allmälig ganz.

(Chemische Operationen auf nassem Wege.)

Die Verflüssigung eines festen Körpers durch chemische Veränderung hat man ebenfalls Auflösung genannt, weil sie jener Verflüssigung gleichsieht, wo ein fester Körper sich in einer indifferenten Flüssigkeit mit Beibehaltung aller seiner wesentlichen oder chemischen Eigenschaften blos mechanisch vertheilt und das Auflösungsmittel allemal durch bloßes Abdampfen entzogen werden kann. Man hat indessen schon lange eingesehen, daß zwischen beiden Arten der Auflösung ein Unterschied stattfinde, und hat deshalb

Chemische Auflösung.

die blos mechanische Vertheilung durch den Namen **Lösung (Solutio)** von der chemischen Verbindung eines festen mit einem flüssigen Körper — **Auflösung (Dissolutio)** unterschieden. Man ist übrigens von dieser Unterscheidung wieder abgekommen, weil es schwer ist, beide Ausdrücke in diesem Sinne allemal richtig zu gebrauchen; denn man kennt noch nicht einmal recht die Grenze zwischen mechanischer und chemischer Vertheilung fester Körper in Flüssigkeiten. Es ist bei manchen Auflösungen nicht mit Bestimmtheit zu sagen, ob es wirklich eine chemische oder eine blos mechanische Auflösung ist (vgl. S. 17).

Beide Arten der Auflösung werden durch Erwärmung beschleunigt, allein die mechanische Auflösung unterscheidet sich von der chemischen, daß bei ihr die Lösungskraft in der Wärme zunimmt, während sie bei der letzteren in jeder Temperatur gleichbleibt. Warmes Wasser löst z. B. von den meisten Salzen weit mehr auf als kaltes, Schwefelsäure löst dagegen Eisenoxyd in jeder Temperatur nur in dem ihren beiderseitigen Mischungsgewichten entsprechenden Verhältnisse. Doch bleibt sich auch bei einigen mechanischen Auflösungen die Löslichkeit bei verschiedenen Temperaturen gleich. Obgleich das unbestimmte Verbindungsverhältniß, die leichtere Zersetzbarkeit und der Umstand, daß die physikalischen Eigenschaften einer Lösung in der Regel das arithmetische Mittel aus den Eigenschaften der Verbindung sind, einen Unterschied zwischen mechanischer und chemischer Lösung zu ergeben scheinen, so gehen diese Eigenschaften doch bei Beiden so unmerklich in einander über, daß sich derselbe keineswegs mit Bestimmtheit festhalten läßt.

Sind beide zu verbindenden Körper in den gewöhnlichen indifferenten Lösungsmitteln nicht auflöslich, so kann ihre Verbindung nur mittelst Temperaturerhöhung, durch Glühen ihrer innigen Gemenge in fein zertheiltem Zustande oder durch Schmelzen bewirkt werden (vgl. unten: Glühen und Schmelzen).

Präcipitiren. Wird im Gegentheil ein in Auflösung befindlicher Körper durch chemische Verbindung mit einem andern, oder durch Abscheidung aus einer löslichen Verbindung, aus einer Auflösung in fester Form ausgeschieden, so nennt man dies **Niederschlagen, Fällung** oder **Präcipitation.** Der Körper, welcher eine solche veranlaßt, heißt das **Fällungsmittel,** der ausgeschiedene Körper der **Niederschlag, Präcipitat.** Man kann die Präcipitation in irgend einem beliebigen Gefäße vornehmen, doch eignen sich dazu besonders hohe Cylindergefäße, namentlich oben etwas engere als unten, damit sich nichts vom Niederschlage an den Wänden ansetze. Die Präcipitation wird erleichtert durch Erwärmung und durch Verdünnung, wenn die Flüssigkeit consistent oder der Niederschlag sehr fein zertheilt ist.

Reagiren. Werden chemische Prozesse in rein wissenschaftlicher Absicht unternommen, d. h. um aus ihrem chemischen Verhalten ihre Natur zu erkennen, so heißt man dies auf einen Körper **reagiren.** Der Ausdruck reagiren wird aber auch und eigentlich ursprünglich von den Körpern selbst gebraucht, welche auf unsere Einwirkung eine Rückwirkung **(Reaction)** äußern. So reagirt eine Substanz sauer, wenn sie die chemischen Eigen-

schaften einer Säure besitzt, z. B. blaue Pflanzenfarben röthet, alkalisch dagegen, wenn sie die gerötheten wieder blau macht. — Man sagt aber auch, daß ein Körper auf einen andern reagire, wenn er chemisch auf denselben einwirkt.

Reaction.

Im Allgemeinen versteht man unter Reaction jede auffallende Erscheinung, welche auf die Natur oder Gegenwart eines Körpers schließen läßt, mag dieselbe durch Einwirkung eines andern Körpers oder durch bloße Temperaturerhöhung eingetreten sein, mag sie auf einer chemischen Verbindung oder Zersetzung, oder auf beiden zugleich, oder auf bloßer Veränderung des Aggregatzustandes beruhen.

Reagens.

Derjenige Körper, welcher bei der Einwirkung auf einen andern Erscheinungen wahrnehmen läßt, welche letzteren von andern ähnlichen unterscheiden, heißt ein **Reagens** für diesen Körper. Oft hat ein Körper eine Reaction mit einem oder mehreren andern gemein, und es müssen dann wieder andere Reactionen hervorgesucht werden, welche letztere nicht mit ihm theilen, obgleich er vielleicht wieder diese mit dritten Körpern gemeinschaftlich haben mag. Schwefelwasserstoff ist ein Reagens auf Bleioxydsalze, indem es mit denselben schwarze Niederschläge bildet, allein dieselbe Erscheinung ergibt sich auch bei der Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf andere Metallsalze, wie Kupfer-, Quecksilber-, Silbersalze, es unterscheidet sich indessen von denselben durch seine Eigenschaft, mit Schwefelsäure einen weißen Niederschlag zu bilden. Theilt es auch diese Eigenschaft wieder mit andern Stoffen, wie Baryt-, Strontian- und Kalkerde, so läßt es sich doch von diesen durch den schwarzen Niederschlag mit Schwefelwasserstoff unterscheiden, welchen diese nicht zeigen.

Die Reactionen bestehen gewöhnlich in verschiedenen Niederschlägen,

Die gewöhnlichste und am meisten charakteristische Erscheinung, welche beim Reagiren erzielt wird, ist die Abscheidung eines Niederschlags, welcher im Anfange und bei großer Verdünnung der Auflösung als **Trübung** erscheint. Die verschiedenen Niederschläge unterscheiden sich entweder durch ihre Farbe, oder bei gleicher Farbe durch ihre Form; man unterscheidet in dieser Beziehung pulvrige, körnige oder krystallinische, flockige oder käsige, voluminöse, und wenn letztere zugleich durchscheinend sind, gelatinöse, gallertartige oder kleisterähnliche Niederschläge. Wenn sich ein so reichlicher Niederschlag ausscheidet, daß er die ganze Flüssigkeit in eine breiartige Masse verwandelt, so heißt diese Erscheinung **Gerinnung, Gestehen, Coagulation.** Mit **Gerinnsel, Coagulum** wird jedoch meist nur ein flockiger Niederschlag bezeichnet, wenn die Flocken desselben ziemlich fest zusammenhängende Massen bilden, wie gekochtes Eiweiß oder der Käsestoff in geronnener Milch. Es können aber auch Flüssigkeiten ihre Farbe ohne gleichzeitige Trübung verändern, ebenso feste Körper, auch das **Aufbrausen, Dampf- und Geruchentwickelung, Verpuffen, Decrepitiren** 2c. können als chemische Reactionen gelten.

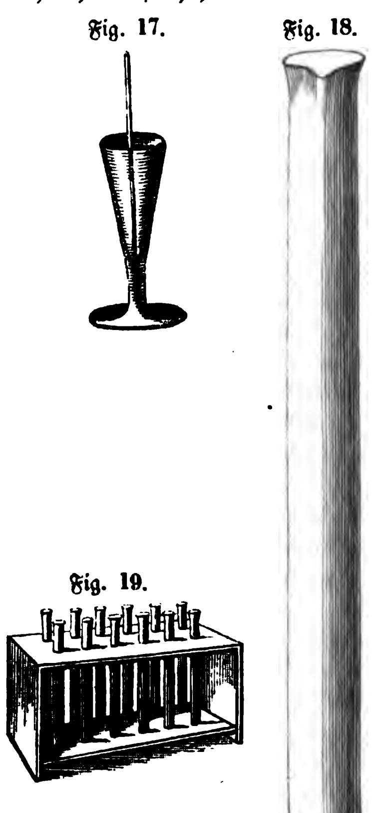
seltner in andern Erscheinungen.

Da die beim Reagiren erhaltenen Produkte gewöhnlich keinen andern Zweck haben, als ihre Farbe und Form zu unterscheiden, so brauchen die zu den Reactionen verwendeten Mengen der Körper nicht bedeu-

tender zu sein, als daß man nur diese Eigenschaften hinlänglich daran beobachten kann.

Man theilt die Reactionen, wie die chemischen Operationen überhaupt, ein in solche auf nassem und die auf trocknem Wege (Letztere sind die Löthrohrversuche).

Reagirgläser.


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Was die Ersteren betrifft, so sind namentlich für Fällungen nach unten konisch zugespitzte, den Champagnergläsern ähnliche Gefäße (**Probiergläser**) wie Fig. 17, und wo man zugleich Wärme anwenden will, kleine unten zugeschmolzene Cylinder aus dünnem und gut abgekühltem Glas (**Reagircylinder**) in Gebrauch, wie Fig. 18 in natürlicher Größe und Fig. 19 verkleinert in einem Stativ von Holz. Im ersteren Falle rührt man mit einem Glasstabe um, im letzteren schüttelt man mit aufgesetztem Daumen.

Die Reactionen müssen zuerst mit der geringsten Menge des Reagens vorgenommen werden, dann erst wird tropfenweise mehr zugesetzt unter Schütteln oder Umrühren. Auch beim Erhitzen muß man die Veränderungen während der verschiedenen Stadien der Erwärmung beobachten. Bei erfolgenden Niederschlägen muß jederzeit auch untersucht werden, ob der Niederschlag im Überschusse des Fällungsmittels nicht wieder auflöslich ist.

2. Chemische Operationen mit Anwendung der Wärme.

Heizung bei chemischen Operationen.

Zur Hervorbringung einer höheren Temperatur bedient man sich 1) zur Bearbeitung größerer Quantitäten der Holz-, Holzkohlen- oder Steinkohlenfeuerung in je nach Art und Stärke der Heizung verschiedenen **Öfen**, 2) bei kleineren Mengen der **Weingeistlampen** und 3) für ganz kleine Versuche oder Reactionen auf trockenem Wege des **Löthrohrs**, oder wo dessen Hitze nicht ausreicht, des **Knallgasgebläses**.

Chemische Oefen.

Man bedient sich zur Heizung bei chemischen Operationen eigener Öfen. Man unterscheidet daran im Allgemeinen folgende Theile:

1) Den **Feuerraum**, in welchen das Brennmaterial eingebracht wird und — wenn stärkere Erhitzung nöthig ist — auch das Gefäß mit den zu erhitzenden Körpern selbst, während dasselbe, wenn nur niedrigere, etwa

Kochtemperatur von Flüssigkeiten erforderlich ist, über den Feuerraum gestellt wird.

2) Unter dem Feuerraum befindet sich der **Aschenraum** oder **Aschenfall**, welcher zur Aufnahme der abfallenden Asche und zur Luftzuleitung in den Feuerraum bestimmt ist. Beide Räume trennt

3) der **Rost**; er besteht aus vierkantigen, mit einer Kante nach oben, oder dreikantigen, mit einer Fläche nach oben liegenden Horizontalstäben von Eisen, welche, je nachdem der Zug stärker oder schwächer sein soll, mehr oder weniger von einander entfernt sind. Die Kanten sind deswegen nach *unten* gerichtet, um dem Luftzutritt keinen Widerstand entgegenzustellen.

Sowohl Feuer- als Aschenraum sind mit Thüren versehen zum Einlegen des Brennmaterials, Herausnahme der Asche und Regulirung und Abschließung des Luftzugs.

Öfen, deren obere Öffnung durch aufgesetzte Gefäße geschlossen ist, müssen mit seitlichen Zugröhren oder im oberen Umkreise mit Luftlöchern versehen sein. Die Öfen, welche das Arbeitsgefäß in den Feuerraum selbst aufnehmen, werden mit einem concaven, in der Mitte mit Zugrohr versehenen Deckel (**Kuppel, Dom**) bedeckt, wodurch der Zug verstärkt wird, noch mehr durch Verlängerung des Zugrohrs durch Aufstecken eines längeren Rohrs.

Eintheilung der Oefen.

Man theilt die Öfen darnach, ob sie beweglich sind oder nicht, in **tragbare**, aus Eisen oder Thon, und **unbewegliche**, gewöhnlich aus Backsteinen aufgeführt; nach der Art der Zuleitung der das Brennen unterhaltenden Luft in **Zug**- oder **Windöfen**, wenn der Luftzutritt blos durch den Druck der äußeren Luft stattfindet, vermöge dessen die im Feuerraume erhitzte und dadurch specifisch leichter gewordene Luft von der durch den Rost vom Aschenraume aus drückenden Luftsäule fortwährend nach oben durch den Kamin getrieben wird, mit deren Höhe also der Zug zunimmt, und in **Gebläseöfen**, wenn die Luft in größerer Menge durch Blasebälge oder andere Blasevorrichtungen zugeleitet wird.

Man hat für viele chemischen Arbeiten besondere Öfen construirt, sie lassen sich indessen für mehr rein wissenschaftliche Zwecke auf folgende wenige reduciren:

Unbewegliche Oefen.

Zu den Unbeweglichen gehören

1) die **Destilliröfen**, sie sind aus Backsteinmauern aufgeführt und haben über dem Feuerraum eine cylindrische Erweiterung zur Aufnahme der Destillirblase nebst einem seitlichen Kamin. Sie können auch zugleich zum Heizen anderer Kessel dienen. Man benutzt sie zum Destilliren des Weingeists, des Wassers und anderer Flüssigkeiten, welche in größeren Mengen verarbeitet werden.

2) **Kapellenöfen**, von derselben Construction wie die vorigen, nur mit einem seitlichen Ausschnitt für den entsprechenden in der **Kapelle**, einem halbrunden gußeisernen Gefäße zur Aufnahme der Retorten, deren

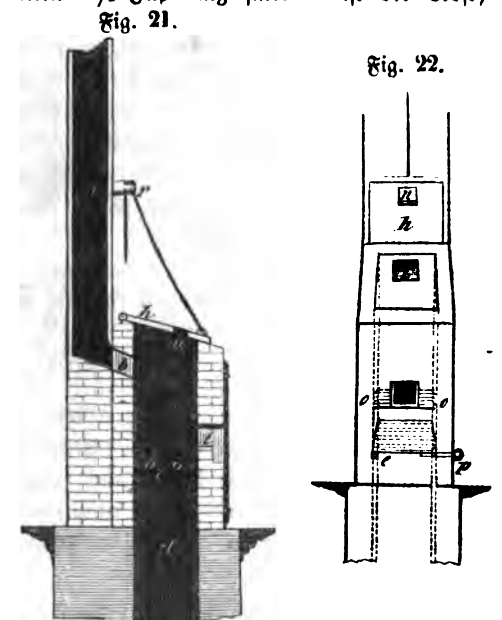
Hälse in den erwähnten Ausschnitt zu liegen kommen. Sie dienen für Destillationen, welche in Glasgefäßen ausgeführt werden müssen, wie die der Säuren.

Fig. 20.



3) **Tiegelöfen** nennt man, obgleich auch verschiedene andere Öfen vorzugsweise zum Schmelzen in Tiegeln dienen, gemauerte Zugöfen für Schmelz-, Destillir- und Röstarbeiten, die einer sehr hohen Temperatur bedürfen. Man bringt daher den Aschenfall möglichst tief, wo möglich im Keller an. Für die meisten Arbeiten ist die viereckige Form am zweckmäßigsten. Der Durchschnitt des innern Raums ist ein Quadrat, dessen Seiten 1½ Fuß lang sind. *e* ist der Rost, welcher aus mehreren mit einander verbundenen Stäben von Gußeisen besteht und sich um eine Angel dreht. Auf der der Angel entgegengesetzten Seite ruht der Rost auf der Stange *p*; wenn diese weggezogen wird, so fällt der Rost herunter und hängt perpendiculär an der Angel. Unterhalb des Rostes geht ein Kanal *d* von derselben Dimension noch ein Paar Fuß weiter fort und endigt sich im Keller. Gerade nach oben zu ist der Ofen mit einer Platte aus Eisenblech *h*, welche inwendig mit Chamotte (feuerfestem Thon) ausgefüttert ist, bedeckt; vermittelst einer Kette und einer Rolle *r* kann man sie leicht in die Höhe ziehen, wenn man Kohlen aufwerfen oder das Feuer

Fig. 21. Fig. 22.



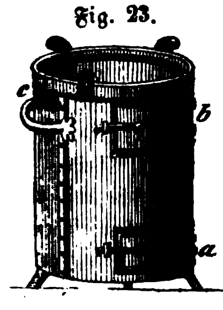
anschüren will. In dieser Platte ist ein kleines Loch *n*, welches man mit einem Eisenblech bedeckt und das dazu dient, von Zeit zu Zeit das Feuer zu beobachten. Aus dem Schmelzraum werden die heißen Gasarten durch den Kanal *b*, welchen man den Fuchs nennt, in den Schornstein *c* geführt, dessen Durchmesser ebenfalls ein Quadrat ist. Der Schornstein dieses Ofens hat eine Höhe von mehr als 50 Fuß. Den Fuchs *b* macht man gewöhnlich etwas zu groß, damit man ihn nach Verschiedenheit des Brennmaterials und der Operationen, welche man vornimmt, wie es nothwendig wird, durch eingelegte Platten oder Steine willkürlich verengern kann. Den Schornstein kann man noch mit einem Schieber versehen, um damit gleichfalls den Zug zu reguliren. Will man den Ofen zum Schmelzen anwenden, so verschließt man die Öffnung *i* mit einem Stein und legt auf den Rost gleichfalls einen Stein, worauf man den Tiegel stellt.

4) **Flamm- oder Reverberiröfen.** Der Feuerraum wird mit flammendem Brennmaterial, Holz oder Steinkohlen geheizt. Die zu erhitzende Substanz kommt aber nicht in den Feuerraum selbst, sondern in einen horizontalen Kanal, welchen die Flamme passiren muß, um nach dem Schornstein zu gelangen. Diese Öfen dienen im chemischen Laboratorium besonders zum Rösten und Calciniren; häufiger ist ihre Anwendung im Hüttenwesen.

Die gebräuchlichsten der tragbaren Öfen sind folgende: Tragbare Oefen.

1) **Der Windofen** von cylindrischer Form aus starkem Eisenblech oder Gußeisen, gewöhnlich auf drei Füßen stehend, etwa 20 bis 24 Zoll hoch und 9 bis 18 Zoll weit, innen mit Ziegelsteinen oder Lehm ausgefüttert, um Wärmeverlust durch das Leitungsvermögen des Eisens zu verhüten. Sie finden bei den meisten chemischen Operationen Anwendung, wo nicht mit sehr großen Quantitäten und heftigem Weißglühfeuer gearbeitet werden muß. *a* ist die Thüre des Aschenraums, bei *b* werden Kohlen eingelegt, *c* ist eine kleine Thüre und ihr gegenüber eine andere zum Einlegen von Röhren.

Fig. 23.



2) **Der Zug- oder Windofen von Thon,** ursprünglich ein Probir- oder Muffelofen, jetzt aber als gewöhnlicher Arbeitsofen für die meisten chemischen Operationen, für welche der Windofen zu groß ist. Er hat wie dieser eine cylindrische Form und ist etwa 6 Zoll hoch und ebenso weit. Zum Aufsetzen der Kapelle erhöht man ihn durch einen gleichfalls etwa 6 Zoll hohen mit Ausschnitt für Retorten versehenen Aufsatz *d*; er ist aus feuerfestem Thon gefertigt und mit Draht gebunden, damit er beim Springen des Thons nicht zusammenfällt. Fig. 24 zeigt einen solchen Ofen von Außen, Fig. 25 im Durchschnitt. *a b c d* ist das Bodenstück, *e f* ein rund herum hervorstehender Rand, auf dem der Rost liegt, *g* ist eine Öffnung zum Einströmen der Luft, verschließbar durch einen passenden Einsatz aus demselben Material wie der Ofen. *k* ist eine ähnliche Öffnung zum Einlegen von Kohlen, gleichfalls verschließbar. *a d k i* ist der Aufsatz,

welcher gewöhnlich nur für Destillationen, zum Abdampfen, überhaupt nur da gebraucht wird, wo ein Gefäß über und nicht zwischen die Kohlen

Fig. 24.

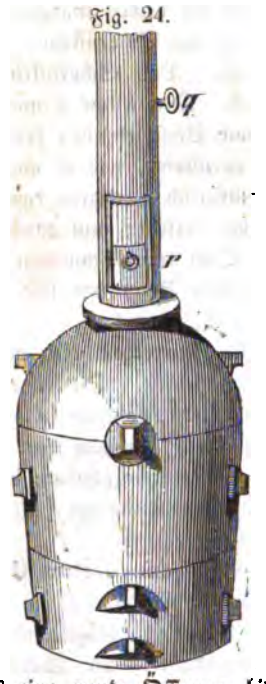
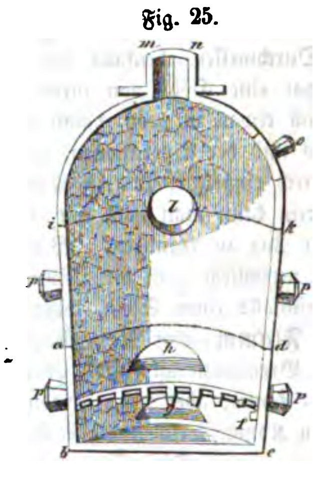


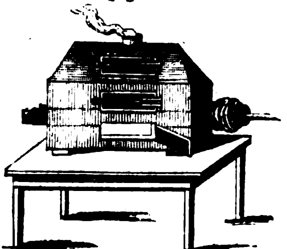
Fig. 25.



gesetzt werden soll. In *l* hat er einen halbzirkelförmigen Ausschnitt für Retortenhälse und dergleichen. Auf diesem Ring liegt die Kuppel *i n m k*. In *l* hat sie ebenfalls einen halbzirkelförmigen Ausschnitt, der mit dem des Ringes eine runde Öffnung bildet, die nach Bedarf durch einen entsprechenden Einsatz zu verschließen ist. An der Seite bei *o* hat die Kuppel eine Öffnung wie *g h* und ist wie diese mit einem gut schließenden Einsatz versehen. *p p* sind Handhaben zum Abheben der einzelnen Theile. Zur Verstärkung des Zuges wird die Zugröhre *q r* aufgesetzt, welche mit einem Schloß *q* und einem Schieber *r* zur Regulirung des Feuers versehen ist. Das Mittelstück ist gewöhnlich mit zwei gegenüberstehenden Löchern versehen zum Durchlegen von Röhren, die geglüht werden sollen, oder zum Einlegen einer Blasebalgröhre. Sonst sind die Löcher mit Thonstöpseln verschlossen.

3) **Der Röhrenofen**, um Röhren von Eisen oder Porzellan ins Glühen zu bringen. Er ist länglich viereckig, etwa 22 Zoll lang, unten 2, oben 6 Zoll weit, an den schmalen Seiten mit Öffnungen für eine Röhre und einer pyramidalzulaufenden, in ein Rohr sich endigenden Kuppel bedeckt. Der Ofen und die Kuppel sind aus Eisenblech und innen mit Thon ausgefüttert.

Fig. 26.



Schmelzofen. Gebläseofen von Seffström.

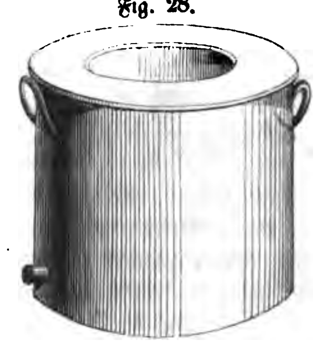
4) **Der Schmelzofen mit Gebläse.** Unter den verschiedenen Arten derselben zeichnet sich besonders der Gebläseofen von Seffström durch

Wirksamkeit und Einfachheit aus. Zwei Cylinder von Eisenblech mit Böden *ccc* und *ddd*, wovon der kleinere in den größeren so eingehängt ist,

Fig. 27.



Fig. 28.



daß er mit demselben oben durch einen Kranz von Blech *e* in Verbindung steht, lassen bei einer Höhe und Weite des äußeren Cylinders von etwa 22 und 18 Zoll zwischen einander einen Abstand von etwa 3 Zoll sowohl am Boden als an den Wänden. Der innere Cylinder ist mit feuerfestem Thon (Charmotte) *ggg* sowohl am Boden als an den Wänden ausgefüttert. Durch einen starken Blasebalg wird die Luft durch eine unten am großen äußeren Cylinder befindliche Röhre *a* eingeblasen, von wo sie, in dem Zwischenraume *bbb* durch die Hitze des Ofens erwärmt, durch 8 sowohl den Thonbeschlag, als den inneren Cylinder durchdringende engere Blechröhren *oooo* in den Feuerraum ausströmt. Dadurch wird in dem Ofen eine solche Hitze erzeugt, daß man darin in 20 Minuten ½ Pfund Feldspath zum vollständigen Fluß bringen kann. Eisen und andere schwer schmelzbare Metalle schmelzen darin mit Leichtigkeit. Der größten Hitze in diesem Ofen, welche man durch Steinkohlen erhält, widerstehen selbst hessische Tiegel nicht, indem sie anfangen zu schmelzen.

Weingeist-lampe.

Beim Arbeiten mit sehr kleinen Quantitäten und wo nicht mehr als starke Rothglühhitze erforderlich wird, bedient man sich der Lampen, und zwar weil sie sich vor den Öllampen durch größere Hitze, Geruchlosigkeit der Flamme und größere Reinlichkeit auszeichnet, der **Weingeistlampe.** Der zum Brennen benutzte Weingeist muß 80—90% Tralles zeigen, bei schwächerem wird die Temperatur weit niedriger.

Zum Kochen kleiner Quantitäten Wasser rc. reicht eine aus einem hohen Opodeldokglase construirte Lampe hin, durch dessen Pfropf man ein den Docht enthaltendes Blechröhrchen steckt. Gewöhnlich haben sie aber diese Form. Sie ist von Glas und der Deckel *a* ist auf den Hals *b* aufgeschliffen.

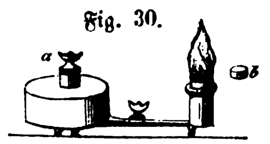
Fig. 29.

Für stärkere Hitzgrade hat man die Weingeistlampen mit Argand'schem Princip.

Fuchs'sche Lampe.

Die Lampe von Fuchs besteht aus einem Argand'schen Dochtbehälter aus Messing von gewöhnlicher Größe, welche von der Seite aus durch eine 4—5 Zoll lange Röhre mit einem etwa 4 Zoll breiten und 1 Zoll hohen cylindrischen Weingeistbehälter aus demselben Metall oder aus Zinn in Verbindung steht. Die in der Mitte befindliche Öffnung des Weingeistbehälters wie der Docht können durch luftdichte Deckel *a* und *b* verschlossen werden. Diese Lampe reicht schon zum Kochen für mehrere Unzen Flüssigkeit und kleine Glühversuche hin. Wirksamer ist

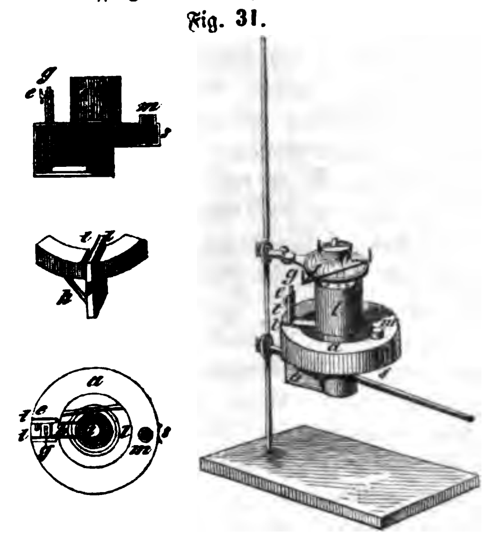
Fig. 30.



Doppelzügige Lampe von Berzelius.

Die doppelzügige Lampe von Berzelius. Sie ist gewöhnlich aus Messing und besteht aus einem ringförmigen Weingeistbehälter *a*, welcher an einer Stelle durch eine parallelepipedische Kapsel *b* unterbrochen ist, welche den Mechanismus *e* zum Auf- und Abschrauben des Dochtes *c* enthält. Der Mechanismus selbst besteht aus einer gezahnten Stange *g*, welche durch das gezahnte Rad *e* auf- und abgeführt wird und unten durch eine Querstange mit dem Ringe in Verbindung steht, über welchen der Docht gezogen ist. In der Mitte ist an diese Kapsel der Dochtbehälter befestigt. Der Weingeistbehälter ist durch die Zwischenräume *t t* von der Dochtkapsel getrennt und steht einzig durch eine schief absteigende Röhre *k* damit in Verbindung, weil bei direktem Übergang des Weingeists in den Dochtraum Ansammlung von Weingeistdämpfen in der Lampe begünstigt wird, welche bei baldigem Wiederanzünden der Lampe explodiren können. An der Seite der Lampe ist eine Hülse mit Schraube angelöthet, woran man sie an einem Stativ auf- und abschieben kann. Über den Docht ist ein einige Linien weiterer kurzer Blechcylinder, der Schornstein aufgesteckt, wodurch außer dem innern Luftkanal *i* auch noch einer außerhalb des Dochtes, also ein doppelter Luftzug entsteht. *m* ist eine mit einem Kork verschlossene Öffnung zum Einfüllen des Weingeistes und *s* ein Glasfenster, um sehen zu können, wie viel Weingeist noch im Behälter ist. Die Heizkraft dieser Lampe geht nach der Stellung des Dochtes von der niedrigsten Kochtemperatur bis zu der, wobei ein kleiner Silbertiegel schmilzt. Diese Lampe macht es fast ganz entbehrlich, mittelgroße Platintiegel ins Kohlenfeuer bringen zu müssen. Man kann darüber Mineralien durch Glühen

Fig. 31.



mit kohlensauren Alkalien zersetzen, und sie reicht überhaupt zu vielen Operationen hin, wozu sonst Kohlenfeuer unentbehrlich war. Nur muß man bei Arbeiten, wo Luftzutritt nöthig ist, das Gefäß schief aufsetzen, weil er sonst durch den von allen Seiten aufsteigenden seines Sauerstoffs beraubten Luftstrom verhindert würde.

Löthrohr.

Löthrohr heißt ein Instrument, womit Metallarbeiter kleinere Löthungen vornehmen. Es ist aber jetzt in der Chemie eines der unentbehrlichsten Instrumente geworden für Untersuchungen anorganischer Stoffe auf trockenem Wege. Es besteht zum chemischen Gebrauche gewöhnlich aus einem konisch sich verengenden 6—8 Zoll langen Rohr (Fig. 32), an dessen engerem Theil ein kleiner cylindrischer Luftbehälter und an diesem wieder rechtwinklig ein in eine sehr feine Öffnung endigendes kurzes Röhrchen befestigt ist. Am weiteren Ende des Rohrs befindet sich eine Mundspitze von Elfenbein ꝛc., während die übrigen Theile gewöhnlich von Messing sind. Es dient dazu, um im Kleinen bedeutende Hitzgrade hervorzubringen, um Körper auf ihr Verhalten in der Hitze, auf ihre Flüchtigkeit oder Schmelzbarkeit entweder für sich oder beim Zusammenbringen mit verschiedenen Flußmitteln zu prüfen, um sie zu oxydiren und desoxydiren, je nachdem man sie in den äußeren oder inneren Theil der Flamme hält. Man benutzt dazu eine Öl-, Talgkerzen- oder Weingeistflamme. Als Unterlage für den zu prüfenden Körper braucht man Holzkohle, besonders zu Reductionen, zum bloßen Glühen oder Schmelzen eines Drahtes (Fig. 33), Bleches, seltner eines Löffels von Platin (Fig. 34).

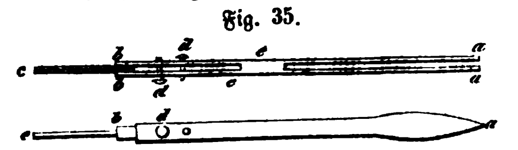
Fig. 32.

Fig. 33.

Fig. 34.

Sollen kleine Stückchen einer Substanz auf ihre Schmelzbarkeit untersucht werden, welche der Luftstrom des Löthrohrs entführen würde, so hält man dieselben mit einer eigenen kleinen Zange, Löthrohrzange, Pincette fest. Dieselbe ist entweder ganz von Platin oder doch, wie in der Figur, wenigstens ihre Spitzen. Das Übrige ist dann von Stahl oder Messing. *a b* sind zwei schmale Blätter von Stahl, an deren Enden die Platinspitzen *b c* angenietet sind. Die Blätter sind durch das Eisenstück *e e* an einander gefügt, wodurch eine doppelte Zange entsteht. Das Maul von Stahl *a* wird gewöhnlich zum Abbrechen kleiner Stückchen

Fig. 35.



von Mineralien benutzt, das von Platin *c* zum Festhalten der Löthrohrprobe in der Flamme. Um Letzteres zu öffnen, hat jedes Blatt einen Knopf *d*, welche man mit dem Daumen und Zeigefinger gegen einander drückt. Beim Nachlassen des Drucks bleibt das Maul *c* durch die Federkraft der Blätter geschlossen, während sich umgekehrt das Maul *a* durch Druck schließt.

Bad.

Die verschiedenen oben aufgeführten Heizvorrichtungen kann man nicht in allen Fällen unmittelbar auf das Arbeitsgefäß einwirken lassen, weil die Temperatur gewöhnlich nicht beständig genug ist, namentlich bei Erneuerung des Brennmaterials, wodurch einestheils Unregelmäßigkeit in der Bewegung der kochenden Flüssigkeit, wie Stoßen[1]), Aufwallen, ferner theilweise Zersetzung, Anbrennen, anderntheils das Springen der Gefäße herbeigeführt würde, welche raschen Temperaturwechsel, besonders anfangs eine zu schnelle Erwärmung nicht aushalten würden, ohne zu springen. Man bringt daher das Arbeitsgefäß gewöhnlich nicht unmittelbar über das Feuer, sondern in ein mit einer Flüssigkeit oder einem pulverigen Körper gefülltes über dem Feuer stehendes Gefäß. Man heißt eine solche Vorrichtung ein **Bad**.

Die pulverförmigen Körper, gewöhnlich Sand, dienen dazu, um diesen Temperaturwechsel möglichst auszugleichen und zu schnelle Erwärmung zu verhindern, flüssige Zwischenkörper haben außer diesem Zwecke auch noch den, zu verhüten, daß sich die zu bearbeitende Substanz nicht über eine gewisse Temperatur, nämlich die des Kochpunktes, der angewendeten Flüssigkeit erhitze.

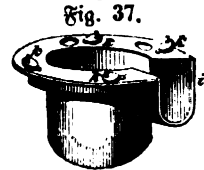
Sandbad.

Unter **Sandbad** versteht man eine Lage Sand, welche dem zu erhitzenden Gefäße als Unterlage dient. Man kann zwar den Sand in ein beliebiges Gefäß bringen, welches die nöthige Erhitzung verträgt; gewöhnlich aber verwendet man dazu tiefe, schüsselartige Gefäße aus Gußeisen oder Eisenblech mit gewölbtem Boden (**Sandkapellen**), welche für Retorten am oberen Rande mit einem Ausschnitte *i* versehen sind, der in einen entsprechenden Ausschnitt des Ofens paßt. Sie müssen zwischen sich und der Ofenmündung einen Zwischenraum lassen, auf welchen sie mit einem Kranze, der mehrere Luftlöcher *k k k k*, oder ein Zugrohr hat, aufsitzen, damit die Hitze auch an die Seiten der Gefäße geleitet wird.

Sandkapelle.

Fig. 36.

Fig. 37.



Aschenbad.

Das **Aschenbad** besteht aus gesiebter Asche.

Talkerdebad.

Das **Talkerdebad** dient blos dazu, um Platin- oder Porzellantiegel, welche freiem Kohlenfeuer nicht unmittelbar, sondern nur in einem Thon-

1) Ein anderes Mittel gegen dieses Stoßen s. unten am Schlusse der chemischen Operationen unter „Stative“.

tiegel ausgesetzt werden dürfen, um das Anschmelzen bei etwaiger Erweichung des letzteren zu verhüten, da Talkerde selbst nicht schmelzbar ist. Jedoch muß sie frei von Natron sein.

Wasserbad.

Die Vorrichtungen zum **Wasserbad** oder **Marienbad** bestehen gewöhnlich aus kupfernen Gefäßen von ähnlicher Form wie die Sandbäder, um deren Rand ein horizontalstehender Kranz befestigt ist, in dessen Öffnung man das zu erhitzende Gefäß einsetzt. Zu größeren Wasserbädern dienen kupferne Kessel. Die entweichenden Wasserdämpfe werden durch ein in dem Kranze befestigtes nach der Seite gerichtetes Rohr von dem zu erwärmenden oder zu trocknenden Gegenstande abgeleitet.



Fig. 38.

Fig 39.

Dampfbad.

Fig. 38 ist eine kleinere, Fig. 39 eine größere solche Vorrichtung. Gewöhnlich hängt man das Abdampfgefäß nicht unmittelbar ins Wasser, sondern läßt es blos von den Dämpfen des kochenden Wassers bestreichen. Die Vorrichtung heißt dann ein **Dampfbad.**

Chlorcalcium-, Chlorzink-, Schwefelsäure-, Öl- und Metallbad.

Wo höhere Temperaturgrade als der Kochpunkt des Wassers, wie zum Austrocknen organischer Substanzen, erforderlich sind, bedient man sich statt des Wassers verschiedener Salzlösungen, z. B. einer **Chlorcalciumlösung**, welche bei 1,4 sp. Gew. eine Temperatur von 120° C. erreicht, eine gesättigte Lösung desselben 179,5. Gesättigte **Zinkchloridlösung** erhitzt sich bis gegen 300, englische **Schwefelsäure** bis gegen 336° C., das **Ölbad** (z. B. Leinöl) bis 300. Zur Erhaltung noch höherer Temperaturen dienen die **Metallbäder**, wozu sich besonders eine leicht schmelzbare Legirung, wie die von Darcet: 2 Wismuth, 5 Blei, 3 Zinn eignet, welche bei 100° C. schmilzt und eine der Weißglühhitze nahekommende Temperatur erträgt, ohne Dämpfe zu entwickeln.

Die chemischen Operationen, welche mit Hülfe der Wärme ausgeführt werden, sind nun folgende:

Digestion.

Digestion. Man versteht unter **Digeriren** das Erwärmen einer Flüssigkeit oder eines in einer Flüssigkeit eingeweichten festen Körpers zwischen + 30° und dem Kochpunkte, gewöhnlich in möglichst verschlossenen Gefäßen, um das Verdunsten der Flüssigkeit zu verhüten. Man verwendet hierzu **Glaskolben** (Fig. 40 u. 41), kugelförmige Gefäße mit einem weiten sich nach oben gewöhnlich etwas verengernden Halse, oder gewöhnlicher **Phiolen** (Fig. 42 u. 43), kugelförmige

Kolben.

Phiole.

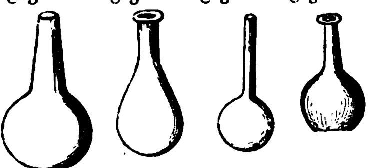


Fig 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

Gefäße von Glas mit engem Halse; beide müssen von so gleichförmigem, dünnem und gut abgekühltem Glase sein, daß man sie ohne Gefahr des Springens auch über freiem Feuer erhitzen kann. Bei sehr flüchtigen Flüssigkeiten, wie Weingeist, wo zugleich nur geringe Wärme angewendet werden muß, verschließt man die Öffnung mit nasser Thierblase, in welche man einige Nadelstiche macht, und füllt die Gefäße, um die Abdampfungsfläche zu verringern, bis an den Hals. Wo sich mehr Dämpfe entwickeln, legt man eine Glasplatte oder einen Stöpsel locker auf, oder digerirt in einer Retorte (s. S. 80). Beim **Erhitzen** werden diese Gefäße auf einem Metallringe oder in einem Drahtgeflecht über die freie Flamme gebracht, oder in ein Sand- oder Wasserbad ꝛc. gestellt. **Außerdem** muß man ihnen, wenn sie nicht platte Böden wie Fig. 43 haben, eigene concave Unterlagen geben. Man hat hierzu Strohkränze (Fig. 44 u. 45) oder kleine Körbchen (Fig. 46).

Fig. 44.



Fig. 45.



Fig. 46.

Aufguß (Infusion).

Für manche Körper, wie z. B Pflanzenstoffe, namentlich solche, die wegen ihres Gehaltes an flüchtigen Bestandtheilen (ätherischen Ölen) nicht lange und stark erhitzt werden dürfen, reicht es hin, sie mit heißem Wasser zu übergießen und einige Zeit damit in Berührung zu lassen (**maceriren**). Man nennt dies **Überbrühen, Infundiren** und unterscheidet einen kalten und warmen **Aufguß, Infusion**. Letzterer ist der gewöhnliche. Man verwendet dazu Gefäße von gewöhnlichem Thon, Porzellan oder Zinn mit gut schließenden Deckeln.

Abkochung (Decoction).

Flüssigkeiten, die anhaltender und stärker erhitzt werden sollen, bringt man längere Zeit über Feuer bis zum Kochen, **Abkochung, Decoction**. Die mit einem festen, namentlich organischen Körper gekochte Flüssigkeit heißt **Absud, Decoct**. Wo keine flüchtigen Bestandtheile zu verlieren sind, verwendet man dazu offene Gefäße, kupferne, eiserne, zinnerne **Kessel** und **Pfannen, Porzellanschalen** und **Pfännchen** mit Stielen, Silber- und **Platinschalen**. Bei flüchtigen Substanzen bedient man sich der **Kolben** und **Retorten**.

Papin'scher Topf oder Digestor.

Will man mit höher gespannten Dämpfen, als die Atmosphäre, und bei höheren Temperaturgraden, als der sonstige Siedepunkt der Flüssigkeiten ist, arbeiten, so dient hierzu der **Papin'sche Topf** oder **Digestor**, ein aus verzinntem Kupfer oder Gußeisen gefertigter Topf mit sehr dicken Wänden, worauf ein Deckel mit gut eingeschliffenem Rande dicht anschließt und mit einer Schraube befestigt wird. Um das Zerspringen zu verhüten, ist der Deckel mit einem Sicherheitsventil versehen. *A* ist der

Topf, mit einem umgebogenen Rande *T T* versehen, *B B* der Deckel mit einem Haken *C* zum Aufhängen verschiedener Körper und einer Öffnung *G*.

Fig. 47.

E E ist ein eiserner Halter, dessen gebogene Enden *M M* unter den Rand *T* treten, *D D* eine Schraube, um den Deckel auf den Topf zu drücken, *F* ein Hebel, um die Öffnung *G* des Deckels mittelst eines Gewichtes *P* zu verschließen. Der Hebel ist mit einem platten eisernen Knopfe *G'* versehen, welcher die Öffnung *G* verschließt. *L* ist eine Höhlung in der Dicke des Deckels *BB*, bestimmt, die Kugel eines Thermometers aufzunehmen. Beim Gebrauche legt man zwischen den Deckel und Topf einen Ring von Pappe und schraubt ihn fest auf. Je nachdem das an den Hebel gehängte Gewicht auf jeden Quadratzoll des inneren Bodens des Topfes 10, 20, 30 bis 40 Pfund wiegt, nimmt das darin erhitzte Wasser eine Temperatur von + 113°, 123°, 133° und 140° C. an, ehe es das Sicherheitsventil hebt.

Papin benutzte ihn vorzüglich zur Bereitung der Knochengallerte. Er wird aber jetzt sehr häufig auch zur Auflösung anderer Thier- und Pflanzenstoffe angewendet.

Abdampfung.

Wird die Erhitzung einer Auflösung in der Absicht vorgenommen, um das Lösungsmittel dadurch zu verflüchtigen, so heißt sie **Abdampfung**[1]) **(Evaporation, Concentration)** oder Einkochung. Soll dabei die Flüssigkeit eine dickere Consistenz erhalten, wie bei Pflanzensäften, so heißt die Operation auch **Eindickung**. Man verwendet dazu **Porzellan-, Platin- oder Silberschalen, Uhrgläser, Kessel** von Kupfer, Zinn, Eisen, Blei, theils freies Feuer, theils die verschiedenen Bäder. Die Porzellanschalen müssen am Boden gleichmäßig dünn sein, sonst bersten sie über freiem Feuer wegen ungleicher Ausdehnung. Sie haben theils flache

Eindicken.

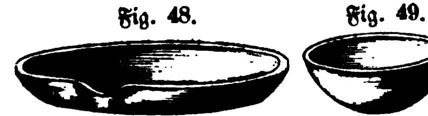


Fig. 48. Fig. 49.

Böden, wie Fig. 48, wenn die Verdampfung möglichst rasch erfolgen soll, theils halbkugelige Böden, wie Fig. 49, wenn die Flüssigkeit auf ein sehr geringes Volumen gebracht werden soll, was in flachen Schalen nicht ohne Verlust gelingt. Auch gibt man letztere Form den Platinschalen, weil sie bei dieser Form am meisten Flüssigkeit fassen.

Krystallisation.

Am Häufigsten wird die Abdampfung zur Darstellung eines Körpers in Krystallform, **Krystallisation**, benutzt. Man darf hierbei weder zu

1) Die Abdampfung oder das Verdampfen ist nicht zu verwechseln mit Verdunstung. Man versteht nämlich unter Dampf eine durch Kochen (wobei durch die ganze Flüssigkeit Dämpfe entstehen), unter Dunst eine bei gewöhnlicher Luftwärme blos an der Oberfläche gasförmig gewordene Flüssigkeit, also unter Verdunstung die Verflüchtigung bei gewöhnlicher Temperatur. Bisweilen gebraucht man aber auch letztere Bezeichnung für Verdampfung bei gelinder Wärme.

wenig, noch zu viel verdampfen lassen, im ersteren Falle würde nur sehr Wenig vom aufgelösten Körper und langsam Krystallform annehmen, **anschießen**, im letzteren würde die Krystallbildung zu schnell und daher unregelmäßig erfolgen, man würde dann keine gehörig ausgebildeten Krystalle, sondern nur eine Masse von krystallinischem Gefüge erhalten. Die Probe, ob genug abgedampft ist, besteht darin, daß man einige Tropfen der heißen Auflösung auf eine Glasplatte oder Porzellanschale fallen läßt und beobachtet, ob bald Krystalle entstehen oder nicht. Schießen bald kleine Krystalle an, so ist genug abgedampft, gesteht aber der Tropfen sogleich, so ist schon zu viel verdampft. Oft bilden sich auch bei gehöriger Concentration auf der Oberfläche kleine Krystalle, **Salz-** oder **Krystallhäutchen**. Bei hygroskopischen Körpern entsteht dasselbe nicht.

Die hinlänglich concentrirte Auflösung wird nun in die Krystallisationsgefäße gebracht, wozu bei mikrochemischen Arbeiten Porzellan- oder Steingutschalen, bei größeren Mengen Steingutgeräthe, hölzerne Bottiche, **Wachsfässer** (vom Wachsen der Krystalle so benannt), kupferne, eiserne Pfannen 2c. dienen. Beim Erkalten der Flüssigkeit mindert sich die Fähigkeit derselben, den festen Körper aufgelöst zu erhalten und derselbe scheidet sich in Krystallform ab. Die Krystalle werden um so größer, vollständiger und regelmäßiger, je langsamer die Auflösung erkaltet. Man umgibt daher die Krystallisationsgefäße mit schlechten Wärmeleitern, Wolle, Werg, Stroh 2c. Die Krystalle entstehen vermöge der Wärmeentziehung zuerst an den Wänden des Gefäßes und an der Oberfläche der Flüssigkeit, sie setzen sich am leichtesten an Hervorragungen an, daher man Stäbe, Fäden 2c. in die Flüssigkeit einlegt. Die größten Krystalle erhält man bei freiwilligem Verdunsten an möglichst kühlen Orten, besonders wenn allmälig strenge Kälte eintritt, um so mehr, je enger die Mündung des Gefäßes ist [1]).

Die nach vollendetem Anschießen der Krystalle übrig bleibende Flüssigkeit heißt **Mutterlauge**, sie kann durch weiteres Abdampfen zur abermaligen Krystallisation gebracht werden und dies so oft, als die anschießenden Krystalle nicht zu sehr gefärbt werden durch vor und beim Abdampfen zufällig in die Auflösung gekommene Unreinigkeiten, wodurch die Auflösung beim fortgesetzten Abdampfen bräunlich wird. Bei werthvollen Substanzen kann man den letzten Rest der Mutterlauge durch Kohle entfärben und dann wieder abdampfen.

Will man zwei oder mehrere feste Stoffe von verschiedener Löslichkeit durch Krystallisation trennen, so werden die Krystalle leicht durch Aufnahme von Mutterlauge verunreinigt, man stört daher die Krystallisation durch Umrühren und bringt das erhaltene Krystallpulver (Mehl) auf ein Filtrum, wo die Mutterlauge leicht ablaufen kann. Man kann auch den letzten Rest derselben noch durch etwas Wasser abspülen, oder besser durch eine concen-

---

1) Mulder bringt die gesättigte Salzauflösung in ein hohes Cylinderglas, welches er mit Blase verbindet. Man erhält dadurch selbst zerfließliche Salze in schönen Krystallen. Arch. d. Pharm. I. 3. S. 282—284; pharm. Centralbl. 1835. S. 606.

trirte Auflösung des reinen Salzes. Um ein Salz von anderen gleich löslichen zu trennen, legt man Krystalle dieses Salzes in die concentrirte Auflösung, so vergrößern sich die Krystalle, bis die Flüssigkeit nichts oder fast nichts mehr von dem verlangten Salze enthält.

Krystalle, welche in ihren Blätterdurchgängen mechanisch Wasser eingeschlossen halten, verknistern, decrepitiren beim Erhitzen, indem der entstehende Wasserdampf die Zwischenräume mit Geräusch zersprengt.

Manche Krystalle verlieren an der Luft durch allmälige Verdunstung ihr Krystallwasser, indem sie dabei ihre Durchsichtigkeit an der Oberfläche verlieren und endlich ganz zu Pulver zerfallen, man nennt dies **Verwitterung**, wie bei vielen Natronsalzen.

Andere dagegen lösen sich allmälig in Wasser auf, welches sie aus der Luft anziehen, sie **zerfließen**, wie das ätzende und kohlensaure Kali, Chlorcalcium &c. Viele und namentlich solche, welche kein Krystallwasser enthalten, erleiden keine Veränderung an der Luft, sie sind **luftbeständig**.

Die verwitternden und zerfließenden Krystalle müssen daher in wohlverschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Mehrere Substanzen **effloresciren (fatisciren)** beim Krystallisiren, bilden baum- oder vegetationsartige Krystallgruppen, welche rasch an den Wänden des Gefäßes emporwachsen und sich von da auf die Außenseite und Unterlage verbreiten, die Flüssigkeit steigt dann durch Capillarität durch diese Krystallgewebe in die Höhe und über das Gefäß heraus, so daß sich nach einigen Tagen oft große Gefäße mit Flüssigkeit vollständig auf den Tisch entleeren. Man kann dies einigermaßen durch Bestreichen der Gefäßränder mit Fett verhüten. Sollen unauflösliche Körper durch Schmelzen krystallisirt werden, so läßt man die Masse so weit im Tiegel erkalten, bis sich eine dicke Kruste gebildet hat, bricht diese dann auf und läßt das noch Flüssige vorsichtig ausfließen. Ließe man Alles erkalten, so würde man blos ein krystallinisches Gefüge, aber keine einzelnen Krystalle erhalten.

Trocknen.

Geht man darauf aus, feste Körper von mechanisch anhängendem Wasser zu befreien, so entsteht das **Trocknen.** Für größere Massen, namentlich von Pflanzenstoffen, hat man eigene Trockenöfen, welche mittelst eines durchgeleiteten Ofenrohrs geheizt werden, oder man benutzt dazu einen gewöhnlichen Zimmerofen, indem man die Substanzen in Körben oder Sieben daraufstellt.

Abfiltrirte Pulver &c. bringt man mit dem Filtrum auf einer Unterlage von Fließpapier auf Ziegelsteine oder Gypsplatten, welche das meiste Wasser einsaugen.

Kleine Quantitäten zu trocknender Substanzen trocknet man in einer Schale im Sand-, Wasser- oder Ölbad &c. je nach der Temperatur, welche der Körper, ohne zersetzt zu werden, erreichen kann.

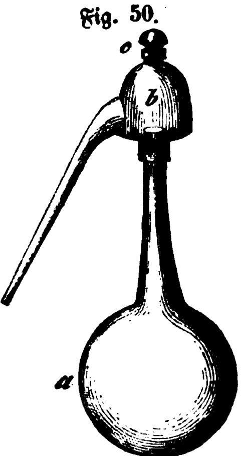
Zerfließliche oder an der Luft zersetzbare Substanzen, z. B. Salze, welche nach dem hinlänglichen Abdampfen wieder Wasser aus der Luft anziehen, so, daß keine Krystalle entstehen können, bringt man unter eine am Rande mit Fett bestrichene auf eine Glasplatte gestellte Glasglocke neben, über oder unter eine stark wasseranziehende Substanz, wie concentrirte

Schwefelsäure, geschmolzenes Chlorcalcium. Auch in Retorten kann man Austrocknungen vornehmen.

Destillation. Werden die beim Erhitzen von Flüssigkeiten verflüchtigten Dämpfe aufgefangen und wieder verdichtet, so hat diese Operation den Namen **Destillation.** Sie dient dazu, um flüchtige Flüssigkeiten von nicht oder weniger flüchtigen festen oder flüssigen Substanzen zu trennen. Man unterscheidet drei Arten derselben, die **aufsteigende, schräge** und **absteigende Destillation.**

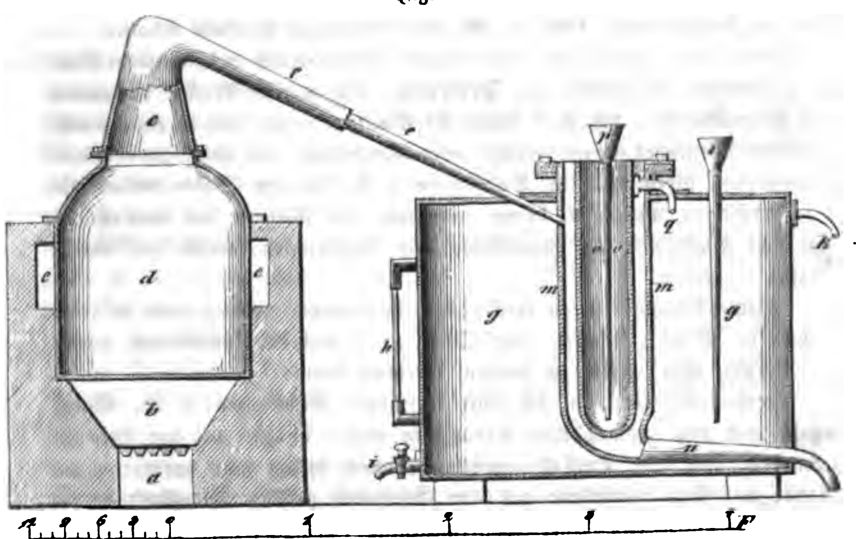
Aufsteigende Destillation. 1) Zur **aufsteigenden Destillation** bringt man die zu destillirende Substanz in einem Kolben *a* über freies Feuer oder in ein Bad, setzt den luftdichtpassenden **Helm** *b* darauf, einen kuppelförmigen Aufsatz, worin sich die Dämpfe sammeln und verdichtet durch ein schief absteigendes Seitenrohr abfließen, verbindet mit Blasen und legt an den Schnabel desselben eine **Vorlage, Recipient** an, welcher ebenfalls aus einem Kolben oder aus einem **Ballon** (Glaskugel mit 1 oder 2 Hähnen) besteht. Kolben und Helm sind gewöhnlich von Glas und können auch aus einem Stücke sein. Der Helm ist gewöhnlich **tubulirt**, hat an der obern Wölbung eine mit einem Glasstöpsel verschlossene Öffnung *c*, um ohne Abnahme des Helms nachfüllen zu können. Diese Vorrichtung findet übrigens jetzt nur noch selten zu kleinen Operationen Anwendung.

Fig. 50.



Destillirblase. Für Weingeist, Wasser und andere indifferente Flüssigkeiten bedient man sich der Destillirblasen. Sie bestehen aus kupfernen Kesseln mit großem flachen Boden, um dem Feuer eine große Fläche darzubieten und

Fig. 51.

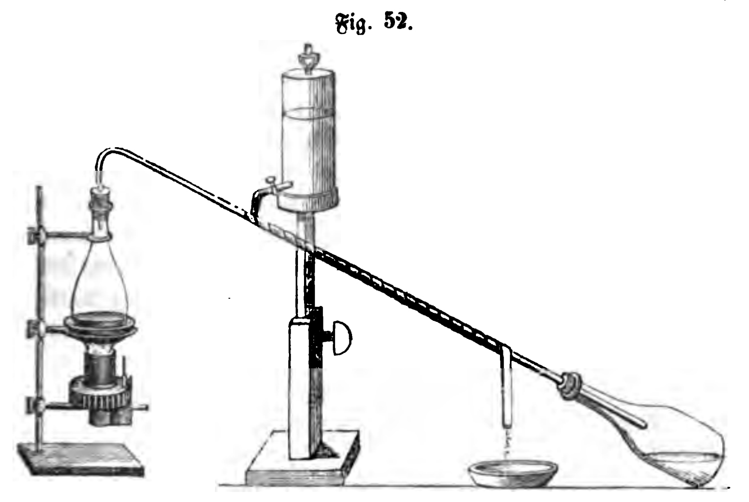


verengerter Mündung zur Aufnahme des **Helms** oder **Hutes**. Das Helmrohr führt die Flüssigkeit in den **Condensator**, ein schlangenförmig gewundenes Rohr, durch ein Gefäß mit Wasser, **Kühlfaß**, in dem ein steter Zufluß von kaltem Wasser durch ein bis auf den Boden des Gefäßes herabreichendes Rohr und Abfluß des heiß gewordenen Wassers von oben stattfindet. *a* ist der Aschenfall, *b* die Feuerung, *c c* Züge, *d* der Blasenkessel, *e* der zinnerne Helm, mit einem messingenen Rand versehen, mittelst welchem derselbe am Rand der Blasenmündung befestigt wird, *f* das Helmrohr, aus zwei zinnernen Röhren bestehend, *g* das ovale kupferne Kühlfaß, *h* Wasserstand, *i* Hahn zum Ablassen des Wassers, *k* Abflußrohr des warmen Wassers, *l* Zuflußröhre für das kalte Wasser. Im Kühlfaß ist ein doppelter Cylinder von Zinn eingesetzt. Der äußere *m m* hat ein Abflußrohr *n*, der innere *o* ist oben offen, empfängt kaltes Wasser durch das Rohr *p* und das warme fließt durch das kurze Rohr *q* in das Kühlfaß. In dem engen Zwischenraume beider Cylinder findet die Verdichtung der aus dem Helmrohr eintretenden Dämpfe statt; das Destillat läuft durch *n* ab. Das Kühlfaß hat deshalb eine ovale Form, um zwei Condensatoren neben einander in der längeren Dimension aufnehmen zu können. Hier ist nur einer und zwar in der Mitte gezeichnet. Bei Destillationen im Kleinen kühlt man die Vorlage dadurch ab, daß man sie in eine Schüssel mit kaltem Wasser legt, oder mit einem wollenen Tuche belegt, worauf ein dünner Strahl kaltes Wasser aus einem höher stehenden Gefäße mit Hahn tröpfelt, wie in der nachstehenden Figur.

Kühlapparate.

Bei Destillationen sehr flüchtiger Flüssigkeiten, verbindet man die Retorte oder den Destillirkolben mit einem 2 bis 3 Fuß langen mit feuchtem

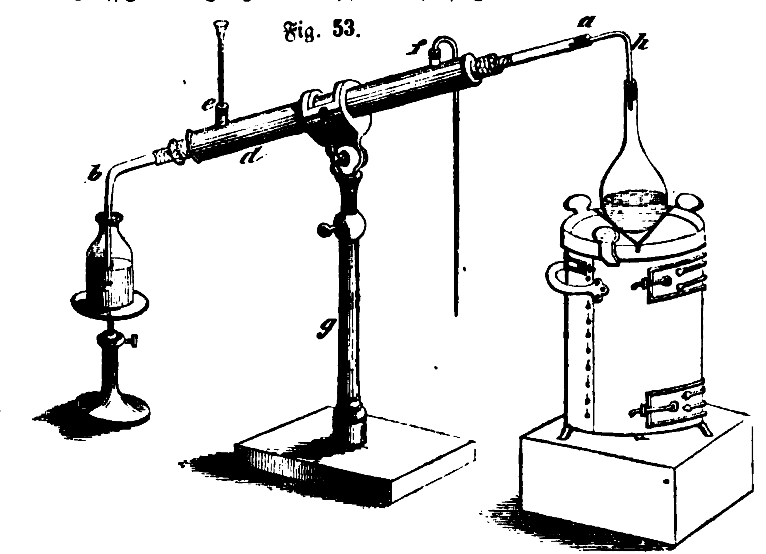
Fig. 52.



Fließpapier umwickelten Glasrohr. Oben läßt man aus einem Hahn fortwährend Wasser auf das Papier tröpfeln. An seinem unteren Ende leitet man das abfließende Wasser durch das herabhängende Ende desselben in ein untergestelltes Gefäß, damit es nicht durch den Kork in die Flasche dringe.

Ein besonders zweckmäßiger, auch für größere Quantitäten zu destillirender Flüssigkeiten geeigneter Apparat ist folgender:

Fig. 53.

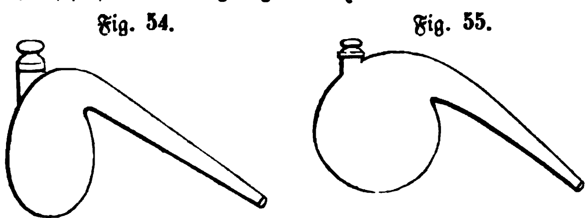


Das 2—3 Fuß lange, ¾ Zoll weite Glasrohr *abc* ist am einen Ende in einen 4—5 Zoll langen, bei *b* stumpfwinklig gebogenen, schmalen Schnabel *bc* mit ziemlich enger Mündung ausgezogen. Dasselbe wird mittelst durchbohrter Korke durch ein zweites 3—4 Zoll weites, kürzeres Rohr *cdf* gesteckt, welches ebenfalls von Glas sein kann, am besten aber von lackirtem Weiß- oder Zinkblech ist. Der zwischen beiden Röhren bleibende Raum wird durch die Trichterröhre *e* mit Wasser gefüllt, bei größeren Destillationen aus einem Wassergefäß mit Hahn, wie in der vorigen Figur. Bei *f* läuft das erwärmte Wasser durch die hier eingesetzte heberförmige Röhre wieder aus. Mit dem Destillirgefäße steht dieser Kühlapparat durch die gebogene Röhre *h* mittelst durchbohrter Korke in Verbindung. Die Spitze *bc* paßt in jede enghalsige Flasche. Man kann diesen Kühlapparat auf verschiedene Weise unterstützen und befestigen. Eine sehr bequeme Vorrichtung ist ein Träger wie *g*, der jede Stellung und Bewegung gestattet.

Schräge Destillation. Retorte.

2) Zur **schrägen Destillation** braucht man **Retorten**, Kolben mit an der Basis schief abwärts gebogenem Hals aus dünnem, überall gleich

Fig. 54. Fig. 55.

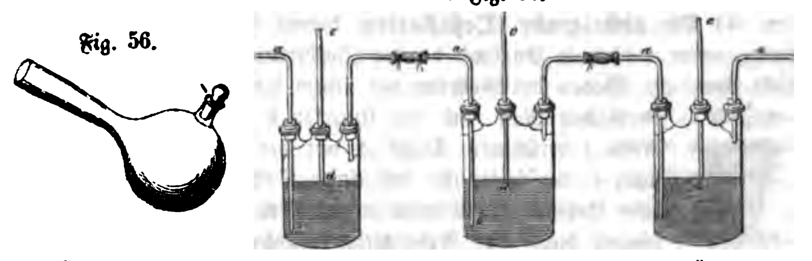


starkem, knotenfreiem Glase, weil sie sich sonst ungleich erwärmen und bersten, wie Fig. 54 für mehr, Fig. 55 für weniger flüchtige Flüssigkeiten. Sie

haben gewöhnlich einen **Tubulus**, mit Glasstöpsel verschließbare Öffnung an der oberen Wölbung des Bauches; weniger in Gebrauch sind die **nicht tubulirten** Retorten, in welche man die Substanzen durch den Hals einbringt, den man dann wieder mit Wasser ausspülen muß. Man hat auch Retorten von Eisen, Porzellan und hessischer Tiegelmasse; selten werden solche von Blei und Platin (zur Darstellung der Fluß- und Chromsäure) gebraucht. Zum Feststellen der Retorten bedient man sich der oben (S. 74) bei den Kolben angegebenen Vorrichtungen oder der **Retortenhalter** (s. am Schlusse der chemischen Operationen).

Bisweilen wird eine Flüssigkeit **vorgeschlagen**, d. h. in die Vorlage geschüttet, theils um die übergehenden Dämpfe zu binden, theils Gase zu absorbiren, wie bei der Destillation der Salzsäure und des Salmiakgeistes. Um der absorbirenden Flüssigkeit eine größere Oberfläche zu geben, oder um dem Zerspringen der Vorlage bei zu großer Spannung der Dämpfe

Fig. 56. Fig. 57.



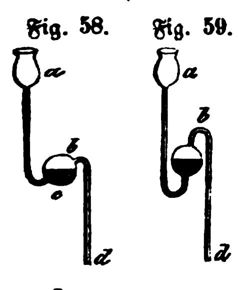
vorzubeugen, hat man tubulirte (Fig. 56) oder mit Sicherheitsröhren versehene Vorlagen, wovon erstere durch eine gebogene Glasröhre in eine zweite, diese in eine dritte Vorlage rc. mündet (Fig. 57); eine solche Vorrichtung heißt der **Woolf'sche Flaschenapparat**, die letzte Röhre läßt man unter Wasser ausmünden. Die Röhre *a b* führt das Gas der einen Flasche in die Flüssigkeit der nächsten und steht mit der Röhre der vorhergehenden Flasche durch eine Kautschukröhre in Verbindung. *c d* ist eine Sicherheitsröhre, durch welche das Gas nicht entweichen, aber sobald sich dieses zusammenzieht, Luft von außen eindringen kann, ohne daß die Flüssigkeit von einer Flasche in die andere zurückgezogen wird.

Woolf'scher Apparat.

Zur Verhütung des Zerspringens der Apparate wird bei manchen Destillationen insbesondere die **Welther'sche Sicherheitsröhre** angewendet. Es ist eine im ersten Drittheil ihrer Länge zur Kugel ausgeblasene, am Ende mit einer kugelförmig erweiterten Trichteröffnung versehene Glasröhre, welche wie Fig. 58 u. 59 gebogen ist. Durch *a* wird die Kugel *b* zu $^1/_3$ mit Quecksilber oder Schwefelsäure gefüllt und mit dem Ende *d* durch einen Kork auf den Tubulus des Destillationsapparats luftdicht eingesetzt. Während der Destillation kann kein Gas entweichen, weil es zuvor das Quecksilber beim Entweichen von *b* nach *a* drücken muß. Letzteres geschieht nur, wenn sich auf

Welther'sche Sicherheitsröhre.

Fig. 58. Fig. 59.



einmal so viel Dämpfe entwickeln würden, daß ohne diese Vorrichtung der Apparat davon zersprengt würde. Soll, wie z. B. bei der Bereitung von Salzsäure oder Ammoniakflüssigkeit, ein Gas von Wasser aufgesogen werden, wobei sich nach beendigter Destillation die Luft im Gefäße abkühlt und zusammenzieht, so würde dadurch die kalte Flüssigkeit in die noch warme Retorte herübersteigen und dieselbe zersprengen. Dies geschieht aber bei Anwendung dieser Röhre nicht, die äußere Luft wird eher von *a* durch *d* ins Gefäß gesogen als die Sperrflüssigkeit, weil dieselbe die nur höchstens 3 Linien hohe Quecksilbersäule in der Kugel mit Leichtigkeit überwindet. Damit aber die Quecksilbersäule in der aufsteigenden Röhre möglichst kurz werde, sei die Biegung bei *c* so kurz als möglich, wie in Fig. 58. Um bei etwaiger Auftreibung kein Quecksilber zu verlieren, verbindet man die Öffnung *a* mit Mousselin.

Fig. 60.

Für Schwefelsäure ist auch die einfachere Form Fig. 60 ohne Kugel hinreichend.

Absteigende Destillation.

3) Die **absteigende Destillation** kommt selten mehr in Anwendung, unter andern in England bei der Zinkbereitung aus Galmei. Man füllt einen am Boden durchbohrten mit einem irdenen durch letzteren und durch den Rost und den Untersatz *b* aufsteigenden senkrechten Rohr *t* versehenen Tiegel *A* mit der zu destillirenden Substanz *c*, verschließt ihn mit einem Deckel *e* luftdicht, so steigen beim Erhitzen des Tiegels an den Seiten die entwickelten Zinkdämpfe durch das Rohr nieder, kühlen sich ab und das Metall sammelt sich tropfenweise in untergesetzten Gefäßen *l* unter Wasser.

Fig. 61.

Abziehung. Cohobation.

Die Destillation heißt **Abziehung**, wenn eine Flüssigkeit über trockenen Substanzen destillirt wird, **Cohobation**, wenn das Destillat mehrere Male über eine frische Menge derselben trocknen Substanz abgezogen wird, um sie möglichst mit der aufzunehmenden Substanz zu sättigen, wie bei Vegetabilien, welche sehr kleine Mengen von flüchtigen Ölen enthalten; **Rectification**, wenn eine Flüssigkeit zu wiederholten Malen für sich destillirt wird, wie z. B. der Weingeist um ihn vom Wassergehalte zu befreien.

Rectification.

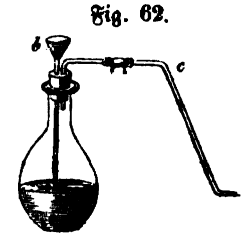
Gasbereitung

Als eine besondere Art der Destillation ist auch die **Gasbereitung** zu betrachten. Die Entwickelung der Gase erfolgt entweder ohne Wärme oder, und zwar gewöhnlicher, mittelst Temperaturerhöhung.

bei gewöhnlicher Temperatur,

Um ein Gas bei gewöhnlicher Temperatur zu entwickeln, bringt man die dazu zu verwendenden Substanzen, z. B. kohlensauren Kalk und Salzsäure in eine Flasche mit weiter Mündung, welche man mit einem Kork verschließt. Den Kork durchbohrt ein kleiner Trichter *b*, dessen langes Rohr bis unter die Oberfläche der in der Flasche befindlichen Flüssigkeit reicht und eine kurz unter dem Kork endigende, außerhalb mehrere Zoll hoch aufsteigende und dann bei *c* schief abwärts gebogene etwa in einer Fläche mit dem Boden der Flasche

Fig. 62.



endigende Glasröhre, **Gasentbindungsröhre.** Um derselben verschiedene Stellungen geben zu können, biegt man sie oben im rechten Winkel und verbindet den kurzen horizontalen Schenkel durch eine Gummiröhre mit einer andern rechtwinklig gebogenen Glasröhre. Durch den Trichter gießt man die Flüssigkeit ein. Soll das Gas von allem mit übergerissenen Wasserdampf befreit werden, so leitet man es durch ein mit geglühtem Chlorcalcium gefülltes Glasrohr.

mittelst Erwärmung,

Die Gasentwickelung mittelst Wärmeanwendung erfolgt entweder auf trockenem oder auf nassem Wege.

auf trockenem Wege,

Erstere wird dadurch bewirkt, daß man die Substanz in einer gußeisernen Retorte oder in einer schmiedeeisernen Flasche, auch in einer gläsernen Retorte (über der Lampe) glüht und das Gas durch Glasröhren ableitet, welche man in durchbohrten Korken mit dem kühlen Theile des Ausgangsrohrs (Retortenhals) verbindet.

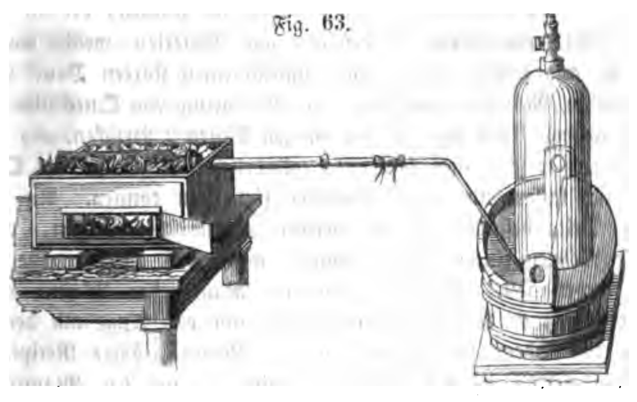
auf nassem Wege.

Zur Gasentwickelung mittelst Erwärmung auf nassem Wege bedient man sich einer Retorte oder einer ähnlichen Vorrichtung wie bei der Entwickelung bei gewöhnlicher Temperatur. Nur wird hier statt einer gewöhnlichen Flasche ein Kolben von dünnem Glas angewendet, welcher einen Temperaturwechsel besser erträgt. Im Wasser aufgelöste Gase verdrängt man vollständig aus demselben, indem man es mit andern Substanzen sättigt, z. B. mit Kochsalz oder Zucker. Für Kohlensäure insbesondere empfiehlt Schrötter Chlorcalcium. Natürlich wird nachher auch noch erwärmt. Um das entwickelte Gas von zugleich mit erzeugten fremden Gasen zu reinigen, leitet man es durch eine Mittelflasche, welche eine ein solches Gas absorbirende Flüssigkeit enthält, z. B. Kalkwasser, wenn Kohlensäure absorbirt werden soll. Sollen Dämpfe durch die Hitze zersetzt werden, so leitet man sie durch ein glühendes Porzellan- oder Flintenrohr.

Auffangen der Gase. Pneumatische Wanne.

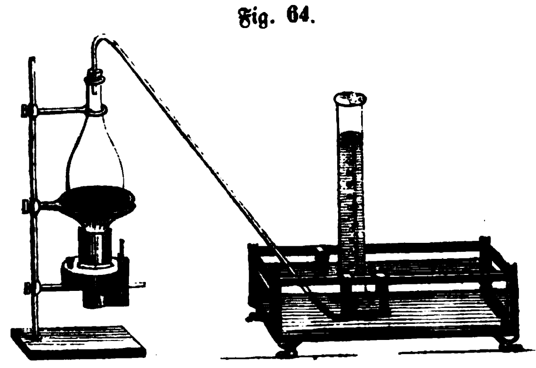
Um die entbundenen Gase in passende Recipienten zu leiten, bedient man sich der **pneumatischen Wanne.** Können, wie gewöhnlich, die Gase unter Wasser aufgefangen werden, so werden sie mit Wasser gefüllt. Die pneumatischen **Wasserwannen** bestehen, wenn sie groß sein sollen, aus hölzernen Kufen (Fig. 63), bei geringerer Ausdehnung aus viereckigen oder länglich

Fig. 63.



runden Gefäßen, je nach dem verschiedenen Zweck von verschiedener Tiefe aus Weißblech oder aus Glasplatten (Fig. 64) zusammengesetzt. Etwas unter der Oberfläche des Wassers wird ein horizontales Bret, Blech oder Glastafel (die

Fig. 64.



Brücke) eingehängt. Die Brücke hat mehrere Öffnungen, über welche man mit Wasser gefüllte Glascylinder mit oder ohne Tubulus und Hahn stellt; unter die Öffnung der Brücke wird die Gasentbindungsröhre oder ein mit Gas gefülltes Gefäß gebracht, dessen Inhalt durch das eindringende Wasser verdrängt, durch die Brücke in die darüberstehende Glocke ꝛc. steigt und aus derselben das Wasser vertreibt.

Will man das nun mit Gas gefüllte Gefäß, welches jedoch noch etwas Wasser zum Absperren des Gases von der äußeren Luft (**Sperrwasser**) enthalten muß, aus der Wanne an einen anderen Ort bringen, so stellt man es unter Wasser in eine flache mit Wasser gefüllte Schale oder man schiebt eine geschliffene Glasplatte darunter, wenn man das Gas austreten lassen will, z. B. um es anzuzünden.

Nach Beendigung der Gasentwickelung müssen jederzeit die Gasröhren außer Wasser kommen, weil sich beim Abkühlen die innere Luft zusammenzieht, wodurch das Sperrwasser in die heiße Retorte ꝛc. gesogen wird, so daß leicht Schaden entstehen kann (vgl. „Welther'sche Sicherheitsröhre" S. 81).

Über das Schwängern von Flüssigkeiten mit Gas s. S. 57.

Quecksilberwannen.

Bei Gasen, welche vom Wasser absorbirt werden, bedient man sich der **Quecksilberwannen**; sie bestehen aus Materien, welche vom Quecksilber nicht angegriffen werden und zugleich einen starken Druck vertragen, wie Porzellan, Marmor, Gußeisen. Zur Ersparung von Quecksilber haben sie nur eine geringe Tiefe und an den breiten Seiten 2 Brücken, aus dem Vollen gearbeitet, welche einen horizontal cylindrischen Raum für das Quecksilber zwischen sich lassen, um darin Cylinder füllen zu können. An der einen schmalen Seite befindet sich ein vertikal cylindrischer Raum, um darin graduirte Röhren eintauchen zu können, wenn das aufgefangene Gas gemessen werden soll. Zu diesem ist am Rande der Wanne ein durch Glas verschlossener Ausschnitt angebracht, um das Auge mit dem Quecksilber in eine Ebene bringen zu können. Wenn größere Recipienten mit Quecksilber gefüllt werden sollen, so wird es aus der Wanne in den

Recipienten gepumpt mittelst einer im Tubulus desselben aufgeschraubten Saugpumpe [1]).

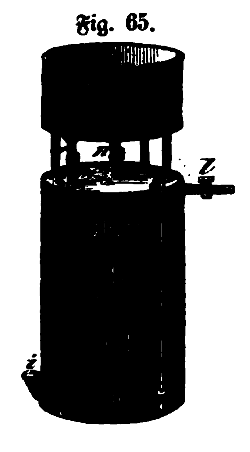
Louyet empfiehlt nachstehende Vorrichtung: Auf den Boden eines länglichen Kastens von Eichenholz, 4½ Centimeter (fast 2 Zoll bayrisch) tief, 17 C. (6½″) breit und 23 C. (9″) lang, ist ein über dessen ganze Fläche genau passendes Glas aufgekittet. In der Mitte einer schmalen Seite des Kastens ist ein längliches, 2 C. (¾″) tiefes Grübchen zur Aufnahme der Mündung der Gasentwickelungsröhre angebracht. Um Gas aufzufangen, stellt er ein Glas mit eingeschliffenem Stöpsel, dessen Boden abgesprengt und dessen Rand mit Schmirgel abgeschliffen, nöthigenfalls auch mit Fett bestrichen ist, auf die abgeschliffene Glasplatte im Trog, füllt es durch die obere Öffnung mit Quecksilber, verstöpselt es wieder, füllt dann die kleine Höhlung mit Quecksilber aus und bedeckt den Boden mit einer einige Millimeter hohen Schichte Quecksilber, schiebt dann das Glas über die Höhlung und bringt dort die Glasröhre unter das Glas. (Philosophical Mag. May 1846. S. 406. Dingl. polyt. Journ. 101 S. 96).

Soll das aufgefangene Gas gemessen werden, so bedient man sich dazu **graduirter** oder **calibrirter**, d. h. in (gewöhnlich Pariser) Kubikzoll und Linien eingetheilter **Glascylinder** und **Glocken**.

Gasometer.

Zur Aufbewahrung der Gase hat man eigene Gasbehälter, **Gasometer** genannt, weil die früheren Gasbehälter immer calibrirt waren, also zur Messung der Gase benutzt werden konnten. Sie sind so eingerichtet, daß man aus einem höher stehenden Gefäße in ein darunterstehendes mit Gas gefülltes Gefäß durch einen Hahn Wasser strömen lassen kann, wodurch das Gas durch eine Röhre herausgepreßt wird. Sie bestehen gewöhnlich aus einem cylindrischen Gefäß von Kupfer oder Zink, worauf ein anderes durch fünf Stäbe von demselben Metall befestigt ist, von denen zwei hohle Röhre sind, die mit dem untern Cylinder in Verbindung stehen. Das Rohr *m*, welches das eine hohle ist, geht bis nahe auf den Boden des Cylinders; das andere Rohr *n* geht nur bis an die obere Fläche, und beide Röhre sind mit Hähnen versehen, so daß die Verbindung des obern Cylinders mit dem untern unterbrochen werden kann. Bei *l* findet sich gleichfalls ein kleines Rohr mit einem Hahn versehen, und unten ist eine größere Öffnung bei *i*, die mit einer Schraube verschlossen werden kann. Der Inhalt

Fig. 65.



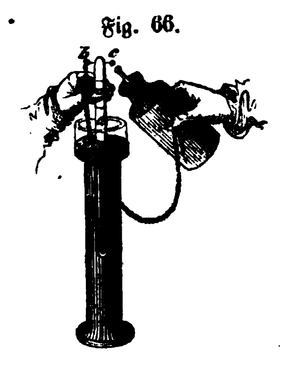
1) Die Abbildung und genauere Beschreibung dieser und anderer Quecksilberwannen, welche man in Berzelius' Lehrbuch der Chemie 4. Aufl. X. S. 466—70 und Schubarth's Handbuch der technischen Chemie 3. Aufl. I. S. 36—37 findet, kann hier um so eher unterbleiben, als sie durch die Einfachheit und Zweckmäßigkeit der folgenden Vorrichtung entbehrlich werden, die sich auch ohne Abbildung leicht begreift.

des Gasbehälters beträgt 1 Kubikfuß. Um den Cylinder mit Wasser zu füllen, verschließt man unten die große Öffnung mit der Schraube, öffnet alle drei Hähne und gießt in den obern Cylinder Wasser. Dies Wasser fließt durch die Röhren *m* und *n* in den untern Cylinder, und die Luft, die darin enthalten war, strömt durch das Rohr *l* aus; ist das Wasser so gestiegen, daß es durch diese Öffnung anfängt auszuströmen, so verschließt man das Rohr durch Umdrehen des Hahnes und die noch zurückgebliebene Luft entweicht alsdann durch das Rohr *n*. Ist der ganze Behälter mit Wasser gefüllt, so verschließt man auch die beiden andern Hähne. *g* ist eine mit dem untern Cylinder communicirende Glasröhre, in welcher man den Stand des Wassers im Cylinder erkennt. In Ermangelung solcher bequemerer Gefäße kann man auch Gas in gewöhnlichen Flaschen aufbewahren. Um einen Gasstrom, z. B. Sauerstoff, in eine Flamme durch eine dünne Röhre zu pressen, füllt man einen Tubulatrecipienten mit dem Gase, schraubt eine mit einer Röhre versehene Thierblase auf den Tubulus, so füllt sich die Blase mit Gas, wenn man die Glocke ins Wasser drückt, man verschließt dann die Blase mit einem Hahn und schraubt sie vom Recipienten ab, um das Gas beliebig zu verwenden.

Eudiometer.

Um ein Gas mit Sauerstoff zu verbinden, damit man aus der entstehenden Volumverminderung das Volum des beigemengten nicht brennbaren Gases bestimmen kann, z. B. den Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure, bedient man sich eines Instruments, welches man nach seiner ersten Anwendung **Eudiometer** (Luftgütemesser) genannt hat. Der Eudiometer von Mitscherlich, welcher sich durch seine Einfachheit empfiehlt, besteht aus einer 18′—24 Zoll langen, etwa 4 Linien weiten Glasröhre *a* von sehr dickem, wohl abgekühltem Glas, am oberen Ende zugeschmolzen, am untern offen. Ihr Inhalt ist genau in gleiche Theile getheilt und die Eintheilung auf's Glas geätzt. Nahe ihrem zugeschmolzenen Ende sind zwei einander bis auf elektrische Schlagweite gegenüberstehende, außer der Röhre mit Haken versehene Platindrähte *b c* eingeschmolzen oder eingekittet, um mittelst eines durchströmenden elektrischen Funkens die Verbindung der Gase zu bewirken.

Fig. 66.



Um der bei dieser Verbindung erfolgenden Explosion auszuweichen, bringt man nach Döbereiner in das Gasgemenge Kugeln aus 1/4 Gran Platinschwamm, 2 Gran Pfeifenthon und 1 1/2 Gran Kieselerde, welche die Verbindung langsam und ohne Verpuffung vermitteln, indessen geben sie keine genauen Versuche, weil die Platinmasse ein bedeutendes Volum von Gas absorbirt, man bestreicht daher blos mit dieser Masse kleine Glaskugeln. Sie sind nur für Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff mit Stickstoff brauchbar, weil verschiedene andere Gase ihre Wirkung verhinhindern oder vernichten.

Chemische Operationen auf trockenem Wege.

Die Anregungen der chemischen Prozesse durch bloße Temperaturerhöhung ohne gleichzeitige Mitwirkung von bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Körpern als Auflösungsmittel heißen gewöhnlich **chemische Operationen auf trockenem Wege**, während man zu den **Operationen auf nassem Wege** sowohl solche rechnet, welche bei gewöhnlicher, als andere, welche nur bei höherer Temperatur erfolgen, wenn sie die Mitwirkung von Flüssigkeiten erfordern.

Bei der bloßen Einwirkung der Wärme im trockenen Zustande wird entweder der Aggregatzustand der erhitzten Körper nicht verändert, wie beim Rösten und Glühen, oder diese gehen in den tropfbar flüssigen Zustand über, wie beim Schmelzen, oder in den gasförmigen, wie bei der trockenen Destillation und Sublimation.

Rösten.

Wenn feste Substanzen in trockenen Zustande einer *nicht* oder nur bis zum *schwachen* Glühen gehenden höheren Temperatur ausgesetzt werden, so nennt man dies **Rösten**. Es hat entweder die Verflüchtigung von Beimengungen zum Zweck, wie das Rösten der Schwefel- und Arsenikmetalle, um Schwefel und Arsenik auszutreiben, wobei das Metall dafür Sauerstoff aus der Luft aufnimmt; oder um eine theilweise Zersetzung zu bewirken, wie beim Rösten vegetabilischer Substanzen. So verwandelt sich das in kaltem Wasser unlösliche Stärkmehl durch Rösten in auflösliches Gummi; aus den Bestandtheilen des Kaffee's entsteht ein wohlriechendes brenzliches Öl und das sogenannte Röstbitter (Assamar); es gerinnt dabei das dem Öl adhärirende Eiweiß öliger Samen, so daß dann das Öl vollständiger ausgepreßt werden kann.

Glühen.

Werden feste Körper so stark erhitzt, daß sie dadurch leuchtend werden, ohne daß sie dabei eine Schmelzung oder Verflüchtigung erleiden, so bezeichnet man dies als chemische Operation mit **Glühen**. Mit Ausnahme der Gasarten, welche dazu eine höhere Temperatur erfordern, kommen alle Körper ungefähr bei gleicher Temperatur ins Glühen. Man unterscheidet nach der Stärke des entwickelten Lichts oder der mehr röthlichen oder blaßgelben Farbe desselben **Roth-** und **Weißglühhitze**. Genauer unterscheidet man dabei folgende Grade: *Anfangendes Glühen*: 525° C., 420° R. oder nicht ganz 1° Wedgewood. — *Dunkelroth*: 700° C., 560° R., 1½° W. — *Anfangendes Kirschroth*: 800° C., 640° R., 3° W. — *Völliges Kirschroth*: 1000° C., 800° R., 5° W. — *Dunkelgelbroth*: 1100° C., 880° R., 7° W. — *Helles Glühen*: 1200° C., 960° R., 8° W. — *Weißglühen*: 1300° C., 1040° R., 9° W. — *Starkes Weißglühen*: 1400° C., 1120° R., 11° W. — *Blendendes Weißglühen*: 1500° bis 1600° C., 1200 bis 1280° R., 12 bis 14° W.

Das Glühen hat wie das Rösten die Befreiung eines Körpers von mechanischen oder chemischen Beimischungen durch Verflüchtigung oder Zersetzung, ferner die chemische Verbindung verschiedenartiger Substanzen zum Zweck.

Calcination. Im ersteren Falle heißt es **Calcination** oder **Brennen**; so wird die Potasche calcinirt, um sie von anhängendem Wasser zu befreien und den eingemengten Extraktivstoff zu verbrennen, welcher sie braun färbt, so brennt man den Gyps und den Ocker, um sie von Wasser, den Kalkstein, um ihn von Wasser und Kohlensäure zu befreien. Der letztere Fall findet statt, wo ein fester Körper im glühenden Zustande von einem andern durch die Glühhitze gasförmig gewordenen durchdrungen wird. Man nennt dies
Cämentation. **Cämentation**; so cämentirt man Kupfer durch Zink bei der Fabrikation des Knittergoldes, Eisenstäbe durch Kohle bei der Stahlbereitung.

Oxydation. Reduction. Das Glühen findet entweder bei Luftzutritt statt, wo Sauerstoffaufnahme beabsichtigt wird, wie bei der **Oxydation** der Metalle und bei der **Einäscherung**, oder bei Luftabschluß wie bei der Verkohlung, bei der **Reduction**, oder Befreiung der Metalle von elektronegativen Elementen, wie Chlor, Schwefel, besonders aber von Sauerstoff, wo sie dann auch **Desoxydation** heißt. Die zu reducirenden Substanzen werden vor dem Glühen mit Kohle oder kohlenstoffhaltigen Stoffen, wie Mehl, Öl, Fett, Harz gemengt, oder Wasserstoffgas über das glühende Metall geleitet. Doch kann auch die Reduction auf nassem Wege stattfinden, indem ein an sich elektropositives oder durch den galvanischen Strom positiv gemachtes Metall oder eine oxydirbare organische Substanz in eine Metallsalzauflösung gebracht, sich des Sauerstoffs und der Säure oder überhaupt des elektronegativen Bestandtheils desselben bemächtigt, wie z. B. die Reduction elektronegativer Metalle durch Zink, Zinn, Eisen, Oxalsäure.

Verpuffen. Wird beim Glühen eines Körpers ein Gas plötzlich und mit Geräusch entwickelt, so nennt man dies **Verpuffung**, z. B. bei der Oxydation mit Salpeter, wenn man die damit gemengte Substanz in ein glühendes Gefäß bringt, so entweicht der Sauerstoff unter Verpuffung. Das Gemenge wird nur in kleinen Quantitäten eingetragen, weil sonst leicht ein Theil der Masse aus dem Gefäße geschleudert wird.

Verknistern, Decrepitiren. Gewisse Salze werden, um sie von mechanisch anhängendem Wasser oder Mutterlauge zu befreien, über Feuer in einem passenden Gefäße getrocknet. Zeigen sie dabei, wie das Kochsalz, die Eigenschaft, mit Geräusch heftig zu zerspingen, wobei die Bruchstücke weit umhergeschleudert werden — **verknistern**, **decrepitiren** — so nennt man diese Operation des Trocknens selbst **Verknisterung**, **Decrepitation**.

Man hat die Erscheinung des Verknisterns der Zerreißung der Krystalle durch die beim Erwärmen bewirkte Ausdehnung des zwischen den Krystallblättern eingeschlossenen Wassers zugeschrieben. Da aber auch Salze decrepitiren, welche kein mechanisch eingeschlossenes Wasser enthalten, wie schwefelsaurer Baryt und Strontian, schwefelsaures Kali, Chlor- und Bromkalium und -Natrium, einfach und doppelt chromsaures Kali, Flußspath, Bleiglanz ꝛc., so sucht sich Baudrimont die Erscheinung hier besonders daraus zu erklären, daß bei der lamellösen (blättrigen) Structur und schlechten Wärmeleitung der Krystalle beim Erwärmen die äußeren Lamellen sich schneller ausdehnen, als die inneren, und sich demnach mit einiger

Gewalt abtrennen, wiewohl in anderen Fällen immerhin eingeschlossenes Wasser oder Gasentwickelung mitwirken mögen.

Bisweilen glüht man sehr harte Mineralien, um sie durch nachheriges Abschrecken in kaltem Wasser (mittelst des dabei stattfindenden Zerspringens in sehr kleine Stücke) mürbe und leichter pulverisirbar zu machen.

Das Glühen wird, je nachdem dabei Luftzutritt stattfinden soll oder nicht, in Schmelztiegeln (s. unter Schmelzen), Retorten oder in besonderen Calcinirgefäßen, **Cämentirbüchsen** etc. vorgenommen.

Schmelzen.

Die Überführung fester Körper in den tropfbar flüssigen Zustand durch die Wärme oder die **Schmelzung** befördert die Verbindung der in Wasser und anderen indifferenten Flüssigkeiten unlöslichen Körper weit mehr als das Glühen, und bei weitem die meisten Körper können nur durch Zusammenschmelzen auf trockenem Wege vereinigt werden. Viele Substanzen schmelzen für sich nur schwierig; setzt man ihnen aber leicht flüssige Stoffe zu, so kommen sie durch diese viel früher in Fluß, obgleich sie sich nicht darin auflösen. Solche Körper heißen **Flüsse** oder **Zuschläge**, wie z. B. kohlensaures Kali und Natron, oder besser beide zusammen, von jedem 1 Atomgewicht (864 Gewichtstheile $\dot{K}\ddot{C}$ und 666 $\dot{Na}\ddot{C}$)[1]), Borax, Cyankalium, Flußspath und verschiedene Schlacken (kieselsaure Metalloxyde)[2]). Die Trennung eines leicht schmelzbaren Metalles von einem schwerer schmelzbaren durch Schmelzen auf einer geneigten Fläche heißt **Saigerung**.

Saigerung.

Schmelztiegel.

Zur Aufnahme der schmelzenden Substanzen dienen die **Schmelztiegel**, umgekehrt konische Gefäße mit oder ohne Ausguß. Sie bestehen entweder aus Thon oder aus Metall.

Die **Thontiegel** dienen besonders zur Schmelzung der Metalle, da diese mit den Metalltiegeln zusammenschmelzen würden. Man unterscheidet vorzüglich zwei Sorten: Die **irdenen Tiegel von Großallmerode** bei Kassel, schlechtweg **hessische Tiegel** genannt, und die **Graphittiegel**, auch **Ypser** oder **Passauer Tiegel** genannt, nach dem Orte, wo lange die besten gemacht wurden, aus einem Gemenge von Thon und Graphit. Die kleineren sind gewöhnlich oben dreieckig und unten rund, die größeren oben und unten rund. Die Thontiegel sind wohlfeiler und weniger porös als die Graphittiegel, sie können daher außer zu Metallreductionen unter Zusatz von Flüssen auch zur Schmelzung mehrerer Salze verwendet werden, doch geschieht dies nie ohne Verlust an Salz, welches den Tiegel durchdringt und ihn daher auch zu andern Operationen

Fig. 67.

Hessische Tiegel.

Graphittiegel.

1) Ueber schwarzen und weißen Fluß vgl. beim kohlensauren Kali.

2) Die Frage: in welchem Verhältnisse man zwei Stoffe mischen müsse, damit das Gemeng bei der niedrigsten Temperatur schmelze, beantwortet Osann im Archiv für Chemie und Meteorologie I. S. 101 dahin, daß dies der Fall sei, wenn man Beide im umgekehrten Verhältniß ihrer Atomgewichte, d. h. im geraden Verhältnisse ihrer Eigenwärme, zusammenbringt.

untauglich macht. Die Graphittiegel haben dagegen den Vorzug, daß sie nicht so leicht springen und daher sehr lange brauchbar bleiben, jedoch nur zum Schmelzen der Metalle für sich (zum Gießen), wozu sie sich auch besonders durch die reducirende Wirkung des Graphits eignen. Für schwer reducirbare Metalle füttert man die Thontiegel mit einer Masse von Kohlenpulver und Tragantschleim oder Stärkmehl aus und heißt sie dann **Kohlentiegel**.

Kohlentiegel.

Porzellantiegel.

Sehr wenig brauchbar sind die **Porzellantiegel**, namentlich wenn sie nicht sehr dünn sind. Sie springen sehr leicht, zumal im Gebläsefeuer und sind dabei ziemlich theuer. Da sie weniger porös sind, als die hessischen und Graphittiegel, so benutzt man sie für dünnflüssige oder werthvolle Salze, welche Metalltiegel angreifen würden, oder zum Glühen pulverförmiger Substanzen bei analytischen Versuchen, wovon an der rauhen Fläche der Thontiegel zu viel hängen bleiben würde.

Metalltiegel.

Die **Metalltiegel** dienen für dünnflüssige Substanzen, welche den Thon durchdringen und angreifen, wie Alkalien und Salze. Unter den Metalltiegeln haben die **Platintiegel** die allgemeinste Anwendung und sind deshalb in keinem chemischen Laboratorium zu entbehren. Sie vertragen eine weit größere Hitze als alle übrigen Metalltiegel, da sie bei den gewöhnlich zu chemischen Operationen verwendeten Hitzegraden völlig unschmelzbar sind, und werden nur von folgenden wenigen Substanzen angegriffen: 1) Kaustische Alkalien und alkalische Erden und daher auch die ihre Salpetersäure in der Hitze verlierenden Nitrate derselben. 2) Schwefelverbindungen und Sulphate mit Kohle. 3) Regulinische Metalle. 4) Phosphor oder Phosphorsäure mit Kohle und anderen brennbaren Substanzen. 5) Die Oxyde mehrerer Metalle, wie die von Blei, Wismuth, Kupfer, Nickel dürfen darin nicht weiß geglüht werden, weil sie dabei oft ihren Sauerstoff verlieren. 6) Platin verbindet sich leicht mit Kiesel, die Platintiegel müssen daher nicht im freien Kohlenfeuer, sondern in einer mit Bittererde belegten oder mit Kreide angestrichenen Thon- oder Eisenkapsel erhitzt werden, aber auch bloßer Kohlenstoff greift glühendes Platin an.

Platintiegel.

Fig. 68.

Man darf sie daher, namentlich bei Lampen mit einfachem Luftzug nicht so tief in die Weingeistflamme bringen, daß sich Ruß ansetzt. 7) Da man sie auch häufig auf nassem Wege statt Schalen benutzt, so hat man dort hauptsächlich Königswasser, auch das verdünnteste und überhaupt Chlor entwickelnde Gemenge zu vermeiden. Um sie zu letzterem Zweck benutzen zu können, haben sie gewöhnlich eine etwas flache Form, wie die Figur zeigt.

Silbertiegel.

Silbertiegel finden wegen ihrer leichten Schmelzbarkeit nur eine sehr beschränkte Anwendung, wie z. B. zum Schmelzen von Alkalien, zur Zersetzung von salpetersaurem Baryt, gewöhnlich nur über der Weingeistlampe.

Eiserne Tiegel.

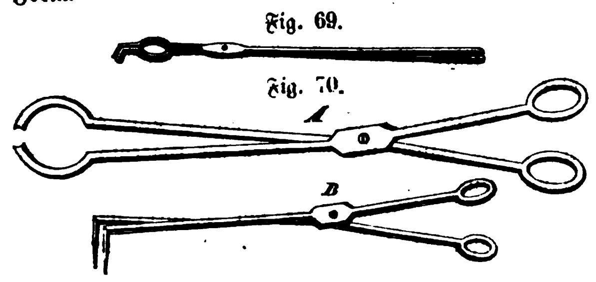
Gußeiserne Tiegel braucht man am häufigsten zur Bereitung von Schwefeleisen, da Roheisen von Schwefel kaum angegriffen wird; dann, namentlich die größeren zum Glühen von großen Quantitäten pulverförmiger

Substanzen, wozu etwa Platintiegel zu klein wären, weil sie die Wärme leichter durchdringen lassen als Thontiegel, und zum Schmelzen von Salzen, wovon sie nicht angegriffen werden und welche unterhalb des Schmelzpunktes des Gußeisens in Fluß kommen. Mehr Hitze halten **schmiedeeiserne Tiegel** aus.

Zum Aufheben heißer Tiegel hat man eigene **Tiegelzangen** von verschiedener Form.

Fig. 69.

Fig. 70.



Die geschmolzene Substanz gießt man auf Stein-, Eisen- oder Kupferplatten, oder in umgekehrt konische Metallgefäße, **Gießbuckel**, welche man innen mit Fett ausstreicht.

Trockene Destillation.

Ist der durch Erhitzung aus einer chemischen Verbindung oder aus einem bloßen mechanischen Gemenge abzuschneidende Körper flüchtig und muß daher besonders aufgefangen werden, so entsteht die **trockene Destillation**, wenn die durch die Erhitzung eines festen, gewöhnlich organischen Körpers, wie Holz, Fett, Harz, Thierstoffe entstehenden Zersetzungsprodukte bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssige oder gasförmige Substanzen bilden, oder doch erst vom flüssigen in den festen Zustand übergehen, wie bei der Destillation von Phosphor, Schwefel, Zinn. Man bedient sich dazu gewöhnlich gußeiserner Retorten.

Sublimation.

Wenn eine flüchtige starre Substanz beim Abkühlen nach dem Verdampfen durch Erhitzung nicht erst in den flüssigen Zustand übergeht, wie bei der trockenen Destillation, sondern unmittelbar wieder in fester Form sich an den kühleren Theilen der Gefäße ablagert, so ist dies die **Sublimation.** Zu kleineren Versuchen bedient man sich hierzu der Glasröhren, wo sich beim Erhitzen die Dämpfe an den kälteren Theilen der Röhre als Ring ablagern, oder man verwendet dazu kleine Kölbchen, in ein Sandbad gestellte Medicingläser, zwei über einander gestürzte verklebte Schmelztiegel oder Retorten. Ist der sublimirte Körper oder **Sublimat** eine lockere Substanz, so heißt er **Blumen.** Gewöhnlich erhält man aber dabei deutliche Krystalle.

Kitte und Beschläge.

Beim Bearbeiten flüchtiger Substanzen müssen die Öffnungen der Gefäße, wenn sie nicht schon an sich (durch eingeschliffene Stöpsel und Deckel) luftdicht geschlossen sind, **verkittet** werden, andere belegt man ganz und gar mit feuerfesten Massen, **Beschläge**, wenn ihre Haltbarkeit durch die Erhitzung leidet. So sind z. B. Glasgefäße dem Springen und Erweichen, eiserne der Oxydation im Feuer unterworfen.

Zum Verkleben von Fugen dienen folgende Massen:

Mehl- oder Stärkekleister auf Papierstreifen gestrichen für Operationen, wo keine Säuren entwickelt und keine große Erhitzung nöthig ist. **Leinsamenmehl** mit Stärkekleister oder auch bloßem Wasser zum Verstreichen der Korkstöpsel. Eine Masse aus Leinsamenmehl und dünner Leimauflösung widersteht auch Säuren und Ammoniak.

Fetter Kitt aus Leinölfirniß und fettem Thon widersteht den sauren Dämpfen noch besser und haftet leicht an allen trockenen Flächen. Man muß ihn in verschlossenen Gefäßen vor dem Austrocknen bewahren.

Harzkitt aus Harz und Ziegelmehl erträgt nur sehr schwache Erwärmung; ebenso **Wachskitt** oder **Klebwachs** aus gelbem Wachs mit 1/8 Terpentin. Beide eignen sich besonders für Gasentwickelungen bei gewöhnlicher Temperatur.

Gypskitt aus gebranntem Gyps mit Wasser, welcher durch Zusatz von Eisenfeilspänen oder wenn er statt Wasser mit Glaubersalz-, Borax- oder Alaunlösung angemacht wird, eine bedeutende Härte erhält, und **Kalkkitt** aus gebranntem und gelöschtem Kalk und Eiweiß, Leimauflösung oder frischem Käse (**Käsekitt**), werden sehr bald fest und widerstehen sauren Dämpfen. Letzterer, namentlich der Käsekitt, sitzt aber so fest, daß er nur schwierig durch Aufweichen mit Wasser wieder zu entfernen ist. Der Käsekitt eignet sich daher auch besonders gut zum Zusammenkitten zerbrochener Gefäße, von welchem Material sie immer sein mögen. Bei Wassergefäßen nimmt man aber statt gewöhnlichen — hydraulischen Kalk, weil eine Masse aus ersterem im Wasser erweicht; auch etwas Hammerschlagpulver kann man zusetzen.

Zu **Beschlägen für Retorten** dient eine Masse aus 1 Theil Ziegelmehl, 2 Th. Eisenfeilspänen oder Hammerschlag, 1 Th. zerstoßenem Glas, mit Ochsenblut in Salbenconsistenz verwandelt, oder eine aus 10 Th. feuerfestem Thon (Charmottethon), 1 Th. gemeinem Töpferthon, 2 Th. groben Sand und 1/16 Roßmist mit Wasser angeknetet. Für niedrigere Temperaturen reicht Lehmbrei aus. Einen **Beschlag für Öfen** erhält man durch Untereinanderkneten von 10 Th. Lehm, 15 Th. Ziegelmehl, 4 Th. Hammerschlag, 1 Th. Kochsalz und 1/4 Th. Kuhhaare.

Ein **Eisenkitt** für Wassergefäße, Röhren ꝛc. besteht aus 20 Theilen Schwefel, 100 Th. Eisenfeile oder Gußeisenfeilspänen und 5 Th. Salmiak mit Wasser zum steifen Teig gemacht. Die Masse wird beim Austrocknen so fest wie das Eisen selbst und kann nur ebenso schwierig wie dieses selbst getrennt werden. Der Salmiak hat den Zweck, das Eisen zuerst zu oxydiren. Ein Theil Eisen zieht nämlich Sauerstoff aus der Luft an, während sich ein anderer mit dem Chlor des Salmiaks verbindet; es entsteht basisches Eisenchlorid. Aus diesem kann nun der Schwefel Schwefeleisen abscheiden, das Chlor geht wieder an's Ammonium zurück. Es ist daher eine verhältnißmäßig kleine Menge Salmiak nöthig, weil derselbe nur vorübergehend zersetzt wird.

Einen sehr festen, aber nicht der Wärme, Alkalien, starken Säuren und Weingeist widerstehenden Kitt für Glas, Porzellan, Stein, Marmor,

Metall u. s. w. gibt folgende Mischung: 1 Th. Mastix in 6 Th. Weingeist aufgelöst; ebenso in 32 Th. Wasser 2 Th. Hausenblase und dann ½ Th. Ammoniakgummi gelöst und beide Auflösungen gemischt.

Holz kittet man auch sehr dauerhaft mit am Lichte geschmolzenem oder in Weingeist gelöstem Schellack, besonders wenn man vor der Vereinigung ein Stück Tüll oder Krepp (Flor) zwischen die zu kittenden Flächen bringt.

Brennmaterialien für chemische Operationen.

Die Heizung der Öfen wird für niedrigere Hitzgrade bei größeren Versuchen durch Holzfeuer und bei hinlänglichem Zug durch Stein- und Braunkohlen oder Torf bewirkt. Für kleinere Operationen wendet man Holzkohlen an und für die höchsten Hitzegrade unter Einwirkung von starken Gebläsen, wie im Sefström'schen Ofen, Steinkohlen. Übrigens ist für gewisse Operationen die Art des Brennmaterials durchaus nicht gleichgültig. Es unterscheidet sich namentlich durch seinen Einfluß auf die chemischen Prozesse das **Flammfeuer** vom **Kohlenfeuer**. So wie nämlich die Reductions- oder innere Flamme vor dem Löthrohr ganz andere (eine reducirende) Wirkung hat, als die äußere oder Oxydationsflamme, so ist es auch bei größeren chemischen Operationen keineswegs einerlei, ob man den zu erhitzenden Körper zwischen das Brennmaterial selbst oder in den äußeren Theil der Flamme eines Flammfeuers bringt. Obgleich die gewöhnlichen chemischen Öfen fast alle nur die erstere Art der Heizung gestatten, so ist doch die Wirkung des mit Unrecht in den wenigsten Laboratorien anzutreffenden Flammofens eine von den der ersteren ganz verschiedene. Das Flammfeuer führt Sauerstoff zu, wirkt oxydirend, Kohlenfeuer aber Kohlenstoff, wirkt reducirend. Beide Stoffe durchdringen Thontiegel schon bei einer Temperatur, wo leicht fließende Gläser zu schmelzen anfangen. Die Darstellung der Gläser oder Verglasung gelingt nur durch größtmögliche Zuführung von Sauerstoff, oder wenigstens Verhütung von Desoxydation. Kieselsaure Verbindungen werden im Kohlenfeuer unvollkommen und schwer gelöst, Kalien, Salze und alkalische Erden werden in ihrer Wirkung geschwächt. Kann auch diesem Übelstande durch Zusatz von Salpeter abgeholfen werden, so ist es doch schwierig, das richtige Verhältniß im Zusatze zu treffen, da bei etwas zu viel leicht auch andere vorhandene Metalle oxydirt werden, deren Oxydation nicht bezweckt wird. Im Flammofen wird die doppelte Menge Kieselsäure von Alkalien oft weit vollkommener aufgelöst als die einfache im Kohlenofen.

Ähnlich wie das Feuer der Zugöfen verhält sich auch das Gebläsefeuer, und läßt auch die Stellung des Tiegels hier bisweilen ein günstigeres Resultat zu, so ist dies doch unsicher und steht jedenfalls dem im Flammfeuer weit nach.

Für Metallschmelzungen und Reductionen ist dagegen das Kohlenfeuer vorzuziehen.

C. Beendigung des chemischen Prozesses.

Bei den direct erfolgenden chemischen Verbindungen ist mit ihrem Erscheinen die chemische Operation auch beendigt. Bei Zersetzungen und

durch Wahlverwandtschaft hervorgerufenen Verbindungen dagegen müssen die chemisch getrennten, aber noch mit einander gemengten Körper auch mechanisch von einander getrennt werden.

Scheidetrichter.

Ungleichartige Flüssigkeiten können nur dann von einander getrennt werden, wenn sie nicht mischbar und von verschiedenem specifischen Gewichte sind. Man bringt das Gemenge z. B. von ätherischem Öl und Wasser in einen oben mit einem Stöpsel *b* (Fig. 71) und unten mit einem Hahn *a*, oder blos mit dem Finger (Fig. 72) zu verschließenden Trichter (**Scheidetrichter**) und läßt zuerst die schwerere Flüssigkeit ablaufen, bis die leichtere allein übrig ist (vgl. S. 97).

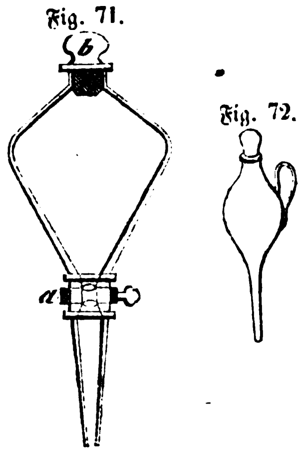


Fig. 71. Fig. 72.

Besteht das Gemenge aus blos festen, aber auflöslichen Körpern, so lassen sie sich gewöhnlich durch Krystallisation, jedoch nicht ganz genau trennen. Ist einer davon flüchtig, so wird er durch Verdampfung, Destillation oder Sublimation getrennt. Ist der eine Körper fest, der andere aber flüssig, so ist die einfachste Trennungsweise die **Decanthation**, d. h. man gießt die Flüssigkeit vom festen Körper ab. Bei großen schwerbeweglichen Gefäßen, oder wo der Niederschlag sich vermöge seiner Leichtigkeit bei der geringsten Bewegung wieder in der Flüssigkeit suspendirt, bedient man sich eines gläsernen **Hebers** (Fig. 73), den man mit Wasser füllt und mit dem kürzeren Ende in die zu decanthirende Flüssigkeit senkt. Hat er eine Saugröhre wie Fig. 74, so braucht man ihn nicht mit Wasser zu füllen, sondern saugt nach dem Einsenken blos die Luft aus, während man den längeren Schenkel unten mit dem Finger schließt.

Decanthiren.

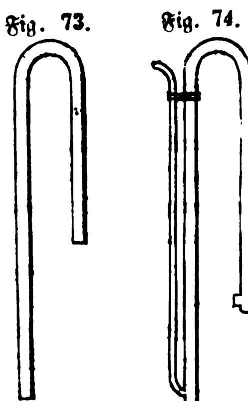


Fig. 73. Fig. 74.

Durchseihen (Coliren).

Um gröbere, aber leichte Substanzen, wie Pflanzenstoffe, aus Flüssigkeiten zu entfernen, seiht man sie durch. Man bedient sich zum **Durchseihen** oder **Coliren** für dünnere Flüssigkeiten gewöhnlich eines Tuches von Leinwand oder Baumwolle, für dichtere des Flanells oder des Mühlenbeuteltuchs, welches man auf viereckigen, an jedem Ende mit einem eisernen Stachel versehenen Rahmen (**Tenakel**), wie Fig. 75,

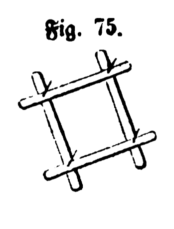


Fig. 75.



Fig. 76.

ausspannt. Hierbei werden aber in der Regel die feineren in der Flüssigkeit suspendirten Theile nicht zurückgehalten, die Flüssigkeit bleibt trübe. Für größere Massen werden die angeführten Zeuge zu langen konischen **Beuteln (Spitzbeutel)**, wie Fig. 76 zusammengenäht, die man mit dem Rand gleichfalls im Tenakel aufspannt.

Filtriren.

Will man alle, auch die feinsten festen Theile aus Flüssigkeiten entfernen, so muß man sie so dichte Körper durchdringen lassen, daß deren Zwischenräume kleiner als jene suspendirten Theile sind. Man benutzte daher zu einem solchen Durchseihen zuerst den Filz, und nannte es danach **Filtriren** (vom barbarischlateinischen Filtrum, Filz). Für chemische Zwecke bedient man sich hierzu meistens des gewöhnlichen weißen ungeleimten oder eigens dafür bereiteten Fließpapiers, **Filtrirpapier, Josephpapier**, wovon man ein rundes Stück so zusammenfaltet, daß es eine konische Form erhält **(Filtrum)**. Will man zum Filtriren einen Trichter anwenden, so muß die Faltung des Filters von der Art sein, daß es nicht allenthalben an der Wand des Trichters anliegt, wodurch sich das Abfließen sehr verzögern würde. Man bricht ein quadratisches Papierstück in der Mitte zusammen, so daß es die längliche Form von Fig. 77 erhält. Nun bricht man es zwei Mal nach den Linien *a b* und *a c*, so daß die Seiten *a d* und *a c* in der punktirten Linie *a f* zusammenfallen, Seite *d b* aber mit *f b* und Seite *e c* mit *f c*, und die Form von Fig. 78 entsteht. Nun werden die eingeschlagenen Theile *a b c* und *a c d* Fig. 78 zurückgeschlagen, so daß die neuen Brüche *a e* und *a f* entstehen und das Ganze wie Fig. 79 aussieht. Dreht man nun das ganze Papier um, so daß die hier sichtbare Fläche auf den Tisch zu liegen kommt, macht hierauf die Brüche *a b* und *a c* Fig. 80, so daß die Seiten *b d* auf *b e* und *c f* auf *c e* zu liegen kommen und die Seiten *a d* und *a f* in *a e* zusammenfallen, so erhält man zuerst Fig. 81 und dann Fig. 82. Man bricht sodann Fig. 82 in der Mitte so zusammen, daß die hier sichtbare Fläche die zwei n e u e n Flächen bildet, und erhält dadurch Fig. 83. Diese schneidet man mit einer Scheere in der gebogenen Linie *a b* durch, so daß die Seiten *c a* und *c b* gleich lang sind, und erhält Fig. 84. Entfaltet man das Papier, so bildet es eine kreisrunde

Fig. 77.

Fig. 78.

Fig. 79.

Fig. 80.

Fig. 81.

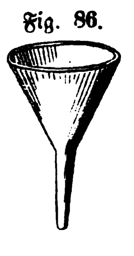
Fig. 82.

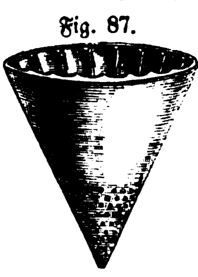
Fig. 83.

Fig. 84.

Fläche und nimmt sich, in einen Filtrirtrichter gestellt, wie Fig. 85 aus. Die Filtrirtrichter sind von Glas (Fig. 86) oder Porzellan (Fig. 87).


Fig. 85.


Fig. 86.


Fig. 87.

In Ermangelung eines Filtrirtrichters kann man sich auch eines dünnen Bretchens (Fig. 88) bedienen, in dessen Mitte ein rundes Loch zur Aufnahme des Filters geschnitten ist. Im Umkreise der Öffnung sind einige Einschnitte angebracht, damit das oberhalb Ausfließende nach unten abrinnen kann. Dasselbe kann höchstens Anwendung finden, wo nichts daran gelegen ist, wenn die auflöslichen Theile des Holzes oder von früheren Filtrationen eingesogene Substanzen die Flüssigkeit verunreinigen. Man bedient sich auch bisweilen solcher Vorrichtungen von Glas oder Porzellan, sie sind aber nicht zweckmäßig, weil die Filtra häufig durchfallen und leichter zerreißen als in Trichtern. Um ersteres möglichst zu verhüten, darf das Filter nicht über die Hälfte durch die Öffnung reichen. Man faltet hier das Filter nicht wie oben, sondern rollt blos ein wie Fig. 77 zusammengelegtes Papierstück konisch zusammen und schneidet es dann oben rund ab, wie Fig 89 zeigt.


Fig. 88.


Fig. 89.

Im Großen filtrirt man durch porösen Thon, feinen Sand, Kohlenpulver und andere poröse Körper. Auch durch Leinwand kann man filtriren, und selbst durch Stroh, wenn die feinen im Wasser suspendirten Theile sich allmälig in solcher Höhe auf dem Seihzeug ablagern, daß sie selbst ein Filtrum bilden. Körper, welche wie concentrirte Säuren das Papier zerstören, filtrirt man durch Glaspulver; lösen sie aber auch dieses auf, so kann man sie bisweilen durch Leinwand filtriren wie die Ätzkalilösung.

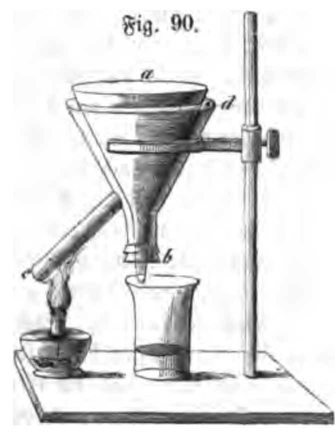


Fig. 90.

Wasserbadtrichter.

Um Auflösungen kochend heiß zu filtriren, damit die aufgelösten Stoffe nicht auf dem Filter zurückbleiben, bedient man sich eines **Wasserbadtrichters** von Blech [1]). In demselben befestigt man einen

---

1) Zweckmäßig, aber weniger einfach als der beistehende von Plantamour sind auch die Wasserbadtrichter von Rociánovich (pharm. Centralbl. 1846. S. 953) und Lüdersdorff (Dingler's polytech. Journ. Bd. 103. 1847. S. 37—40).

gewöhnlichen Glastrichter *a* mittelst des Korkes *b*, gießt die Flüssigkeit auf das im Glastrichter befindliche Filter, nachdem der Zwischenraum des Blech- und Glastrichters mit Wasser gefüllt worden ist, welches man durch das Seitenrohr *c* mit einer Weingeistflamme erhitzt. Die Öffnung *d* dient zum Abzuge der Wasserdämpfe und zum Nachfüllen des verdampften Wassers.

Um Öl von Wasser durch Filtration zu trennen, benetzt man das Filter mit Wasser, wenn das Öl — oder mit Öl, wenn das Wasser zurückbleiben soll. Die Filtration muß aber unterbrochen werden, sobald die erste Flüssigkeit abfiltrirt ist, weil nach einiger Zeit die zweite Flüssigkeit den Rückstand der ersteren aus dem Papier verdrängt und endlich dasselbe gleichfalls durchdringt.

Um Flüssigkeiten zu filtriren, welche das Papier auflösen, wie Alkalien und starke Säuren, verstopft man einen Glastrichter unten mit grobem und hierauf mit feinem Glaspulver oder Asbest.

Aussüßen. Auslaugen.

Um die beim Filtriren, namentlich aber beim Decantiren dem festen Körper noch, oft sehr hartnäckig, anhaftenden Reste der Flüssigkeit völlig zu entfernen, übergießt man den festen Rückstand nochmals mit reinem Wasser, läßt wieder absetzen und gießt nochmals ab oder läßt es durch's Filter laufen und wiederholt dies so oft, als man noch durch den Geschmack, durch Lackmuspapier oder durch Verdampfen eines Tropfens etwas Fremdartiges im Wasser wahrnimmt. Man nennt dies **Auswaschen** oder **Aussüßen** (weil das Waschwasser zuletzt gleichsam süß, oder eigentlich geschmacklos wird), wenn man besonders auf Gewinnung des festen Körpers ausgeht, und **Auslaugen**, wenn die Erhaltung der Flüssigkeit den Hauptzweck bildet. In beiden Fällen sucht man die Operation durch Anwendung der **Spritz-** und **Waschflaschen** abzukürzen. Erstere (Fig. 91) besteht aus einer Flasche, in deren Kork eine oben sehr fein ausgezogene Glasröhre befestigt ist. Bläst man mit Gewalt in die halb mit Wasser gefüllte, umgekehrte Flasche, so drückt nachher die zusammengepreßte Luft so lange einen feinen Wasserstrahl aus, bis das Gleichgewicht des Drucks mit dem der äußern Luft hergestellt ist. Mit diesem Wasserstrahl kann man Niederschläge vom Filter hinabspülen, wenn man dessen Spitze mit einem Glasstab durchstoßen hat. Man hat solche mit engerer und mit weiterer Röhre. Um einen ununterbrochenen Strahl zu erhalten und zum Auswaschen mit kochendem Wasser benutzt man die Spritzflasche (Fig 92). Statt der Waschflasche kann man auch den S. 94 angegebenen Scheidetrichter benutzen, indem man die Spitze etwas

Fig. 91. Fig. 92.

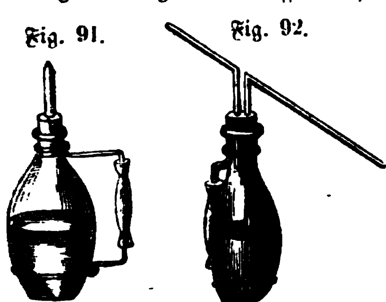
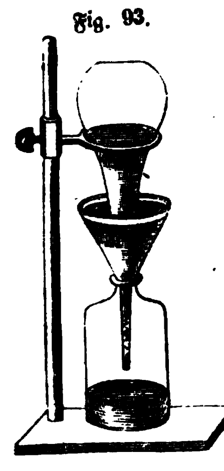


Fig. 93.



unter die Oberfläche der Flüssigkeit bringt und den Hahn öffnet, aber den Stöpsel schließt, oder man nimmt dazu eine gewöhnliche Flasche (Fig. 93).

Pressen. Flüssigkeiten, welche man durch bloßes Auswaschen aus voluminösen festen Körpern, wie namentlich Pflanzenstoffen, nicht vollständig erhält, preßt man aus auf **Schrauben-**, **hydraulischen** oder **hydrostatischen** (**Réal'schen** s. S. 58) **Pressen**.

Klären. Manche Körper bleiben in Flüssigkeiten vermöge ihrer Leichtigkeit oder der zähen Consistenz der Flüssigkeit sehr lange suspendirt. Um ihre Ablagerung zu beschleunigen, **klärt** man sie, d. h. man bringt leicht ablagernde Körper in dieselben, welche die suspendirten Stoffe mechanisch mit niederreißen, entweder schwere, feine Pulver, wie gestoßenes Glas, oder voluminöse Substanzen, wie Papierzeug, Fließpapier, Brodkrume, Lehm rc., oder man setzt der Flüssigkeit einen andern flüssigen Körper zu, welchen man in derselben zum Gerinnen bringt, mengt sie z. B. mit Eiweiß und kocht damit auf, so schließt das entstehende Gerinnsel alle unaufgelösten Stoffe fest in sich ein und reißt sie mit sich zu Boden; so versetzt man z. B. gerbstoffhaltige Flüssigkeiten mit Leimauflösung und umgekehrt, saure Flüssigkeiten mit Milch rc.

Stative. Für die verschiedenen Operationen bedarf man auch noch mehrerer Gestelle (**Stative**) mit auf- und abschiebbaren und durch Schrauben festzustellenden Armen für **Weingeistlampen** und **Kochringe**, wie in Fig. 94,

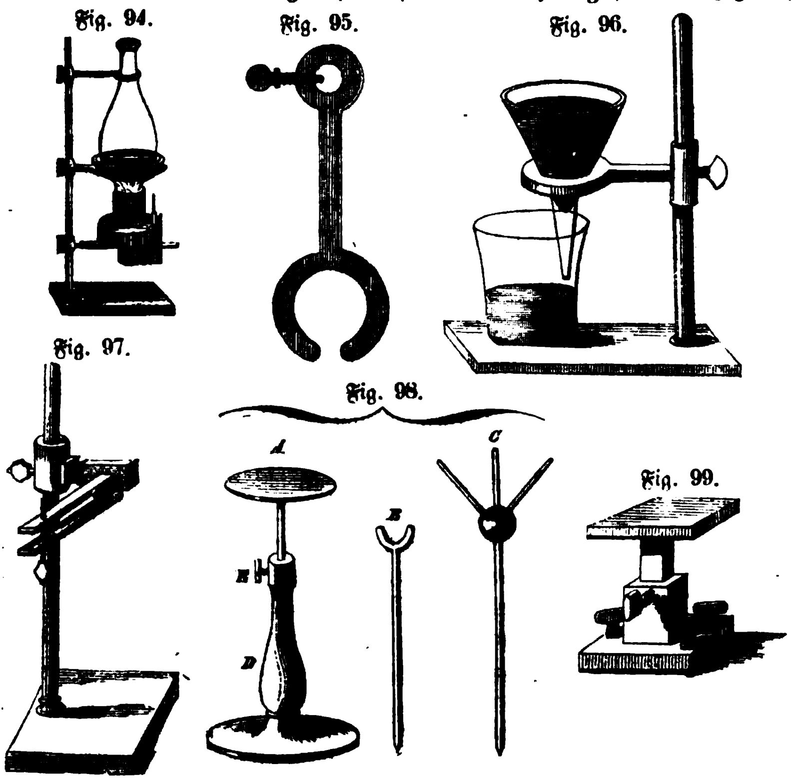


Fig. 94. Fig. 95. Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98. Fig. 99.

der obere dieser Ringe ist deswegen um den Hals des Kolbens gelegt, um zu verhindern, daß das Gefäß durch das Stoßen namentlich von Flüssigkeiten, welche mit pulvrigen Körpern gemengt sind, aus seiner Lage komme oder allmälig umfalle [1]), für **Filtrirringe** wie Fig. 95 und 96, **Retortenhalter** Fig. 97, hölzerne **Träger, Schemel** oder **Untersatz (Support)** mit auf- und abschiebbaren Platten zur Unterstützung für Destillirrecipienten ꝛc. wie Fig. 98, in dessen Fuß *D* auch die Theile *B* und *C* passen, die sich wie die Platte *A* durch die Schraube *E* beliebig hoch feststellen lassen. *A* dient zum Tragen von Lampen und andern Gegenständen mit platter, *C* für solche mit gewölbter Basis, *B* zur Unterstützung von Röhren. Zur Unterlage in geringerer Höhe paßt besonders die Form von Fig. 99.

Das Reinigen der Gefäße.

Zum Reinigen der Gefäße reicht häufig gewöhnliches Brunnenwasser hin. Substanzen, welche durch die kohlensauren Salze desselben zersetzt, unlösliche kohlensaure Verbindungen bilden, wie z. B. essigsaures Bleioxyd, setzen sich dabei oft fest aus Glas. Man wäscht daher solche Gefäße mit destillirtem oder wenigstens mit Regenwasser aus. Sonst kann man allemal zuerst Brunnenwasser nehmen, spült aber letzteres wieder durch destillirtes Wasser weg. Immer müssen die Gefäße umgestürzt werden, damit das Spülwasser ausläuft.

Was mit Wasser nicht entfernt werden kann, muß mit Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser (wenn diese die Substanz des Gefäßes nicht angreifen), einem kohlensauren oder ätzenden Alkali versucht werden. Fette, Wachs und Harze entfernt man am besten unter Erwärmen, aus größeren Gefäßen mittelst Sägespänen durch Reiben mit einem Lappen, aus kleineren Gefäßen durch bloßes Abreiben mit öfter erneutem trockenen Fließpapier.

Harte, erdartige Krusten in flachen Gefäßen, welche von Säuren nicht sogleich aufgelöst werden, wie Eisenoxyd, lassen sich am leichtesten durch feuchtes Reiben mit Asche mittelst eines Stückes Leder oder Kork entfernen. Abreiben mit Sand macht das Glas trübe, nimmt die Glasur des Porzellans mit und nutzt Metall zu stark ab. Nur für die rauhe Oberfläche des Gußeisens wird Sand nothwendig. Sehr harte Ansätze entfernt man mit dem Messer oder mit Hammer und Meißel. Bleche scheuert man gewöhnlich mit Kreide. Trübes Glas wird oft durch trockenes Abreiben mit weichem Asbest wieder hell.

Gefäße, deren Öffnung für die Hand zu eng ist, wie Flaschen, Röhren und dergleichen, werden mit Bürsten gereinigt, deren Stiel bei den größten von Holz, bei kleineren von Messingdraht ist, weil Eisendraht im chemischen Laboratorium von zu kurzer Dauer ist. Die größten Bürsten sind aus Schweineborsten, die kleineren aus Roßhaaren, die kleinsten (für die Glasröhren) aus Bockhaaren. Letztere sind mit langen biegsamen Stielen versehen,

1) Das Stoßen kommt übrigens auch ohne solche Beimengungen öfters in Glasgefäßen vor, deren glatte Flächen nur schwierig Gasbildungspunkte geben. Man verhindert dann das Stoßen, wenn man kleine Stücke eines in der Flüssigkeit unlöslichen Minerals, oder noch besser eine Platindrahtspirale, oder die eckigen Körner von Osmium-Iridium ins Gefäß legt, da beide letzteren auch außer der eckigen Form eine gasanziehende Kraft besitzen. Vgl. auch S. 72.

wie die Bürsten zum Reinigen der Pfeifenrohre. Von starken Säuren und besonders von Alkalien, namentlich in der Wärme, werden die Bürsten zerstört.

Bei Incrustirungen, welche von Säuren oder Alkalien nicht aufgelöst werden, schüttelt man die Gefäße mit Asche oder nöthigenfalls erbsengroßen Stücken Steinkohle. Sand ritzt das Glas, Bleischrote zerschlagen es beim Schütteln leicht und klemmen sich in enge Stellen ein. Zur schnelleren Entfernung einzelner Reste der Krusten dienen Stäbe von Holz, Fischbein, Horn oder Knochen. Wo alles Dies nicht hilft, muß man die Gefäße mit Wasser, Säuren oder Laugen gefüllt einige Zeit stehen lassen, nöthigenfalls erwärmen oder kochen.

Sitzt am Boden eines tiefen Gefäßes eine große Menge einer auflöslichen Substanz fest, wie der Kuchen von schwefelsaurem Kali bei der Darstellung der Salpetersäure, so verstopft man alle Öffnungen bis auf die oberste, füllt das Gefäß mit Wasser und stürzt es über ein Gefäß mit Wasser so um, daß die Mündung unter Wasser stehen bleibt (vgl. Auflösung S. 57).

Bisweilen behalten Gefäße auch nach sorgfältiger Reinigung noch einen Geruch nach stark riechenden Substanzen bei. Man entfernt denselben durch Ausspülen mit Chlorwasser oder Chlorkalkauflösung. In hölzerne Kasten stellt man mit Essig befeuchteten Chlorkalk in einer Schale. Auch Senfmehl und Mandelkleie nehmen solche hartnäckige Gerüche weg.

Gewichte bei chemischen Operationen.

Zu den Gewichtsbestimmungen bei chemischen Operationen kann man sich im Größeren des bürgerlichen Gewichtes bedienen. Für kleinere chemische Arbeiten gebraucht man in Deutschland gewöhnlich das **Medicinal- oder Apothekergewicht.** Es ist wie das bürgerliche in den meisten Ländern verschieden, doch weniger als Ersteres. Am meisten verbreitet ist das preußische. Das Apothekergewicht hat fast überall folgende Eintheilung:

Pfund	Unze	Drachme	Scrupel	Gran	Assen
℔	℥	ʒ	℈	gr	
1	12	96	288	5760	7452
	1	8	24	480	621
		1	3	60	77⅝
			1	20	25⅞

Eine Unze Medicinalgewicht ist ungefähr = 2 Loth Civilgewicht.
Eine Drachme ungefähr = 1 Quint.
Ein Gran hat ungefähr die Schwere eines Pfefferkorns.

Seltener kommt das **französische Decimalgewicht** in Deutschland für chemische Arbeiten in Anwendung, während sich die französischen Chemiker nur dieses Gewichtes bedienen. Seine Eintheilung ist nachstehende:

1 Gramme	= 16,4204	Gran
1 Decigramme	= 1,64204	„
1 Centigramme	= 0,164204	„
1 Milligramme	= 0,0164204	„
1 Decagramme	= 164,204	„
1 Hektogramme	= 1642,04	„
1 Kilogramme	= 16420,4	„ oder 2,138 Pfund preuß. Civilgewicht.

II. Specielle Chemie.

Die specielle Chemie oder die Untersuchung der einzelnen Elemente und ihrer gegenseitigen Verbindungen nach den Eigenschaften, welche sich auf die Verschiedenartigkeit ihres Wesens beziehen, zerfällt, wie schon oben angegeben wurde, in einen anorganischen und organischen Theil.

Anorganische Chemie.

Sie beschäftigt sich mit den Elementen und jenen Verbindungen derselben, welche im Mineralreiche vorkommen oder aus den Elementen mit Hülfe der Kunst dargestellt werden können.

Die Anzahl der nichtmetallischen Elemente ist geringer als die der Metalle. Deshalb und weil die chemischen Eigenschaften der Metalle hauptsächlich in ihrem Verhalten zu den Nichtmetallen bestehen, läßt man beim Studium der speciellen Chemie die Nichtmetalle den Metallen vorangehen.

Nichtmetallische Grundstoffe.

Es sind deren dreizehn. Sie sind bei gewöhnlicher Temperatur und dem gewöhnlichen Luftdrucke theils starr, theils tropfbarflüssig, theils gasförmig. Eine Übersicht ihrer wichtigsten physikalischen Eigenschaften ergibt sich aus nachstehender Tabelle:

Allgemeine physikalische Eigenschaften der Nichtmetalle.

Name	Farbe	Specifisches Gewicht	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Farbe der Dämpfe	Entdecker, Jahr.
		Gasförmige.				
Sauerstoff	farblos	1,1026 (die atmosphärische Luft als Einheit gesetzt)	—	—	—	Priestley 1774
Wasserstoff	farblos	0,0688	—	—	—	Cavendish 1766
Chlor	grünlichgelb	2,47	—	—	—	Schenla 1774
Stickstoff	farblos	0,976	—	—	—	Rutherford 1772
		Tropfbarflüssige.				
Brom	dunkelrothbraun	2,966	— 19° C.	47°	dunkelroth	Bálard 1826
		Starre.				
Kohlenstoff	farblos, auch schwarz	3,5 bis 3,53 (des Diamant)	—	—	—	— —
Schwefel	gelb	1,98	+111° C.	143	pomeranzengelb	— —
Selen	bleigrau oder rubinroth	4,3	über 100°	—	gelb	Berzelius 1817
Phosphor	erbsengelb	1,77	45°	290	farblos	Brand 1669
Bor	bräunlichgrün	—	—	—	—	Gay-Lussac, Thenard, Davy 1809
Jod	eisenschwarz	4,946 bei 16,5° C.	107°	175	veilchenblau	Courtois 1811
Kiesel	dunkelbraun	—	—	—	—	Berzelius 1823
Fluor	—	—	—	—	—	Hypothetisch aufgestellt von Gay-Lussac und Thenard 1809

Sauerstoff.

Lat. Oxygenium. Zeichen O. Atom und Äquivalent 100.

Den Namen Oxygenium (von ὀξύς sauer und γεννάω erzeuge) erhielt er von Lavoisier wegen seiner Eigenschaft, mit mehreren andern Elementen Säuren zu erzeugen. Priestley erkannte ihn 1774 zuerst als einen eigenthümlichen Stoff und ein Jahr später auch Scheele, ohne etwas von Priestley's Entdeckung zu wissen.

Vorkommen des Sauerstoffs.

Er findet sich gasförmig in der atmosphärischen Luft, von welcher er etwas über $1/5$ ausmacht, bildet einen Bestandtheil des Wassers, der meisten Mineralien, Pflanzen- und Thierstoffe.

Darstellung.

Man erhält das Sauerstoffgas für sich 1) durch Dunkelrothglühen von Quecksilberoxyd ($\dot{Hg}$), wobei sich Sauerstoff (8 Gewichtprocente) und Quecksilber getrennt verflüchtigen; 2) durch Glühen von Braunstein ($\ddot{Mn}$), wobei $1/3$ Sauerstoff entweicht und Manganoxydul-Oxyd zurückbleibt ($3\ddot{Mn} = \ddot{Mn} + \dot{Mn} + 2O$); 3) durch gelindes Erwärmen eines Gemenges von 3 Theilen Braunstein, 2 concentrirter Schwefelsäure und etwas Wasser, wobei die Hälfte seines Sauerstoffs entweicht, weil die Schwefelsäure den Braunstein veranlaßt, Sauerstoff abzugeben, um eine Salzbase zu bilden, womit sich die Säure verbindet ($\ddot{Mn} = \dot{Mn} + O\ \dot{Mn}\dddot{S}$); 4) durch Glühen von chlorsaurem Kali ($\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{Cl}}$), welches sich unter Abgabe seines ganzen Sauerstoffgehaltes in Chlorkalium verwandelt ($\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{Cl}} = K\overline{Cl} + 6O$); 5) durch Glühen des Salpeters ($\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}}$), wobei anfangs salpetrigsaures Kali ($\dot{K}\dddot{\overline{N}}$) und nachher Kali mit Kaliumsuperoxyd zurückbleibt, wobei also auch zuletzt der Stickstoff entweicht; 6) nach Balmain erhält man durch gelindes Erhitzen von 3 Theilen saurem chromsaurem Kali ($\dot{K}\dddot{Cr}_2$) mit 4 Schwefelsäure reines Sauerstoffgas. (Wahrscheinlich $\dot{K}\dddot{Cr}_2 + 4\dddot{S} = \dot{K}\dddot{S} + \dddot{\overline{Cr}}\dddot{S}_3$ und $3O$).

Am leichtesten erhält man es nach der ersten Methode, wonach es Priestley zuerst erhielt, nur ist es aus unreinem (basisch-salpetersaures Oxyd enthaltendem) Quecksilberoxyd dargestellt, mit etwas Stickstoffgas verunreinigt. Am reinsten erhält man es nach Nr. 4 aus chlorsaurem Kali, nach Balmain ebenso rein und dabei viel billiger nach Nr. 6 aus doppeltchromsaurem Kali, billiger noch, aber leicht mit Stickstoff verunreinigt nach Nr. 5 aus Salpeter. Am wohlfeilsten erhält man es aber aus Braunstein und zwar leichter und mit größerer Ausbeute nach Nr. 3 mit Schwefelsäure. Doch ist das Sauerstoffgas in beiden Fällen mit Kohlensäure verunreinigt, wenn der Braunstein mit kohlensaurem Kalk verunreinigt war, und mit Stickstoff, welcher von der Zersetzung des im Braunstein enthaltenen (aus verwesenden organischen Stoffen absorbirten) Ammoniaks durch den Sauerstoff herzurühren scheint, indem er mit dem Wasserstoff Wasser ($\dot{\overline{H}}$) bildet.

Man erhält auch Sauerstoffgas, wenn frische Blätter saftreicher Pflanzen unter Wasser dem Sonnenlichte ausgesetzt werden und durch Zersetzung von Wasser mittelst eines galvanischen Stroms.

Der Sauerstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses permanentes Gas von 1,026 specifischem Gewicht (die atmosphärische Luft = 1,000 gesetzt), 1 Kubikfuß wiegt 2,8181 Loth; bricht unter allen bekannten Körpern das Licht am schwächsten, sein absolutes Brechungsvermögen ist nach Biot und Arago 0,000560204 und verhält sich zu dem der atmosphärischen Luft wie 0,86161 zu 1,000; es leuchtet beim schnellen Zusammendrücken, wird zu 6,5 Volumtheilen von 100 Wasser verschluckt, verändert weder Kalkwasser, noch Lackmustinktur. Brennbare Körper verbrennen darin weit lebhafter als in atmosphärischer Luft, ein glimmender Span entflammt sich darin augenblicklich und brennt mit hellem Glanze, ebenso Feuerschwamm, angezündeter Phosphor entwickelt darin ein Licht, welches dem der Sonne unter allen Lichterscheinungen am nächsten kommt. Selbst dünner Eisendraht und Stahlfedern brennen darin mit Funkensprühen. Auch das Athmen der Thiere erfolgt darin weit schneller als in atmosphärischer Luft, aber unter Herbeiführung einer Entzündung der Lungen und endlich des Todes.

Eigenschaften des Sauerstoffs.

Der Sauerstoff verbindet sich mit allen einfachen Körpern (nur vom Fluor kennt man bis jetzt noch keine Verbindung) bald ohne, bald mit Licht- und Wärmeentwickelung. Im ersteren Falle heißt eine solche Verbrennung gewöhnlich **Oxydation**, im zweiten **Verbrennung**, die Produkte sind in beiden Fällen **Oxyde** und **Säuren** (vgl. S. 49). Die Trennung von Sauerstoff heißt **Desoxydation**, während man unter **Reduction** die Trennung von elektronegativen Bestandtheilen überhaupt versteht.

Verbrennung Oxydation. Desoxydation Reduction.

Nachdem man die Elemente des Aristoteles: Erde, Wasser, Luft und Feuer, welche keine Erklärung des Verbrennungsprozesses zuließen, aufgegeben hatte, versuchte Georg Ernst Stahl (geb. 1660, gest. 1734) zuerst die Aufstellung einer Verbrennungstheorie. Er hielt die Erden (im weiteren Sinne) für Elemente, die Metalle dagegen zusammengesetzt aus einer Erde und Feuergeist (**Phlogiston**), welcher bei der Verbrennung entweiche unter Zurücklassung von Erde, überhaupt enthielten alle brennbaren Körper Phlogiston, welches sie bei der Verbrennung abgeben; er nannte daher den Verbrennungsprozeß **Dephlogistisiren**, die Desoxydation dagegen **Phlogistisiren**. Er nahm also da eine Zersetzung an, wo in der That eine Verbindung erfolgt und umgekehrt, indem er übersah, daß die Körper beim Verbrennen an Gewicht zunehmen, statt daß sie dabei abnehmen sollten.

Phlogistisches System.

Schon zwei Jahre vor der Entdeckung des Sauerstoffs stellte Lavoisier den Satz auf, daß die Körper bei der Verbrennung an Gewicht zunehmen, was er durch eine gewisse Fixation der Luft erklärte, sobald aber Priestley den Sauerstoff entdeckt hatte, gründete Lavoisier darauf die Ansicht, daß die Verbrennung in der Verbindung der Elemente mit Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwickelung bestehe, und wurde dadurch der Stifter des sogenannten **antiphlogistischen Systems**.

Antiphlogistisches System.

Feuer.

Das **Feuer**, was man vor ihm meist als wesentlich zur Verbrennung gehalten hatte, zerfällt danach in zwei zufällige die Verbrennung begleitende Erscheinungen, nämlich Licht- und Wärmeentwickelung, welche auch andere mit Heftigkeit erfolgende Verbindungen und Zersetzungen begleiten (s. oben S. 18), während eine langsam erfolgende Oxydation ohne solche Erscheinungen vor sich geht. Die Körper dehnen sich um so plötzlicher aus, oder, was dasselbe ist, erwärmen sich um so stärker, je rascher ihre gegenseitige Vereinigung oder Durchdringung erfolgt, während die bei Zersetzungen eintretende Erhitzung von dem plötzlichen Auftreten eines festen Bestandtheils in Gasform abhängig zu sein scheint.

Die Feuerflamme.

Körper, welche bei der Verbrennung gleichzeitig eine Zersetzung erleiden, entwickeln häufig Gasarten, welche dadurch, daß sie ins Glühen kommen, die **Flamme** erzeugen. Die zugespitzte Form der Flamme erklärt sich daraus, daß die in Cylinderform aufsteigenden Gase und Dämpfe mit der Luft in Berührung verbrennen, also im Umkreise je höher, je mehr verzehrt werden und abnehmen.

An der Wasserstoff- und Weingeistflamme beobachtet man zwei verschiedene Theile, einen innern dunkeln Kern und einen hellen Saum oder Hülle, weil nur nach außen, wo die heißen Gasarten mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen, Verbrennung und also auch Wärmeentwickelung erfolgen kann, nicht aber im Innern.

Bei der Kerzen- oder Ölflamme unterscheidet man 1) einen dunkeln Kern im Innern *a*, mit seiner Basis unmittelbar über dem Docht; 2) unten und seitwärts vom Dochte einen hellblauen Theil *bb*; 3) einen sehr hell leuchtenden, weißen Theil *c*, welcher den dunkeln Theil *a* umgibt. Aus dem Wachs, Talg oder Öle entwickeln sich durch die Erhitzung beim Anzünden brennbare Gasarten, namentlich Kohlenwasserstoffgas, dessen Wasserstoff zuerst verbrennt und dabei den Kohlenstoff *c* ins Weißglühen bringt, welcher aber erst an dem äußeren Theil, an der Hülle der Flamme *dd* verbrennt zu Kohlensäure ($\ddot{C}$), daher werden in die Flamme gehaltene Körper in *c* schwarz, nicht aber in *dd*. An der Basis der Flamme in *bb* verbrennt, weil dort der Luftzutritt für die geringere Gasmenge weiter reicht, mit dem Wasserstoff zugleich auch der Kohlenstoff, aber nur zum Theil zu Kohlenoxydgas ($\dot{C}$), welches dann bei seinem vollständigen Verbrennen an der Oberfläche die blaue Färbung des untern Theils der Flamme bewirkt. Im Kern der Flamme *a* findet auch hier keine Verbrennung statt, die Hitze ist deshalb darin am schwächsten, am stärksten dagegen im äußeren Theile, namentlich nach oben.

Fig. 100.



Das helle Licht der Flamme beruht auf dem Glühen von festen aus den Gasen ausgeschiedenen oder damit emporgerissenen Theilen, daher das

starke Licht beim Verbrennen des Phosphors und Zinks, weil hier feuerbeständige Verbindungen, Phosphorsäure und Zinkoxyd entstehen, das schwache bei Wasserstoff und Weingeist, weil sich hier gasförmige Produkte entwickeln. Die Leuchtkraft der Letzteren wird indessen sogleich verstärkt, wenn man einen festen Körper, wie Platindraht, Kalk, Amianthfäden, Zinkoxyd rc. hineinhält. Die bei Tage kaum sichtbare Flamme des Wasserstoffgases bringt ein hineingehaltenes Kalkkügelchen in so heftiges Glühen, daß es das Auge blendet, ebenso eine Weingeistflamme, welche durch Sauerstoffgas angeblasen wird (**Drummond's Licht**).

Je höhere Temperatur eine Flamme zum Verbrennen nöthig hat, desto eher verlöscht sie in Berührung mit guten Wärmeleitern, z. B. mit Metallen, sie verlöscht daher beim Durchgange durch ein Drahtgitter um so eher, je enger die Maschen desselben sind, und durchdringt ein Gewebe von 800 Öffnungen auf den Quadratzoll nicht mehr, worauf die **Davy'sche Sicherheitslampe** (s. S. 124) beruht. Man kann Knallgas bei seinem Ausströmen aus einem Gefäße ohne Gefahr des Eindringens der Flamme anzünden, wenn die Röhre eine hinlänglich enge Mündung hat.

Davy's Sicherheitslampe.

Auch die **Farbe** der Flamme ist bei den verschiedenen Körpern sowohl, als nach der Lebhaftigkeit der Verbrennung verschieden; sie ist um so weißer, je vollkommener, und um so dunkler gelb, selbst röthlich, je unvollkommener die Verbrennung stattfindet. Phosphor, Zink, Antimon und Eisensalze färben die Flamme weiß, Selen, Schwefel und Kupferchlorid blau, die andern Kupfersalze grasgrün, Barytsalze und Borsäure blaßgrün, Kalisalze blaßviolett, Sodasalze gelb, Lithionsalze roth, Kalksalze ziegelroth, Strontiansalze carmoisinroth, Kohlenoxydgas brennt blau, Kalium und Cyangas violett, Kobalt roth, ölbildendes Gas gelb rc.

Farbe der Flamme.

Feste Körper sind um so leichter zu entzünden, je mehr sie zertheilt und je schlechtere Wärmeleiter sie sind. Pulveriges Eisen brennt schon, wenn es der Luft ausgesetzt wird; ein Eisendraht erst, wenn man ihn weißglühend macht. Dichte glasige Kohle (Zuckerkohle, Coak) ist schwer zu entzünden, sehr lockere Kohle (Zunder, Schießpulverkohle) leicht.

Wenn entweichende Gasarten feste Körper mit sich fortreißen, ohne dieselben ins Glühen zu bringen, so entsteht der **Rauch**. Der Rauch ist nicht zu verwechseln mit **Nebel** oder **Wolken**. Während beim Rauch *feste* in der Luft suspendirte Körper dieselbe undurchsichtig machen, geschieht dies bei Letzteren durch sehr kleine Tropfen von *Flüssigkeit*, welche sich aus Dünsten und Dämpfen bei einer Temperatur verdichten, bei welcher sie ihre Gasform nicht mehr behalten können. Wenn diese höchst kleinen Tropfen des Nebels sogleich gefrieren, so bilden sie den **Duft**.

Rauch.

Bei unvollkommen verbrennendem Holze entsteht der Rauch durch fein zertheilte Rußtheile, welche mit den erwärmten Gasarten emporsteigen. Concentrirte Säuren rauchen, weil ihre Dämpfe Wasser aus der Luft anziehen und sich damit zu sehr kleinen Tropfen von wässeriger Säure verdichten, sie bilden also eigentlich Nebel, während Salzsäuredämpfe mit

Ammoniakdämpfen einen Rauch im eigentlichen Sinne des Wortes erzeugen, weil hier ein Salz in fester Form ausgeschieden wird.

Selbstentzündung.

Die plötzliche Entzündung gewisser Körper, welche ohne äußere Einwirkung erfolgt, heißt **Selbstentzündung**. Sie kann erfolgen 1) durch Reibung bei Maschinen und Fuhrwerken, wo man sie durch Schmieren verhütet. 2) Durch die Sonnenstrahlen, welche auf Scheiben, Glasflaschen rc. fallen, so daß diese wie Brenngläser wirken. So gerieth z. B. ein Strohhaufen durch einen darauf geworfenen Bouteillenboden in Brand. 3) Durch die bei der Luftabsorption entstehende Verdichtung. So entzündet sich oft der Kohlenstaub in Pulvermühlen. Man bewahrt deshalb die Kohle für längere Zeit besser in Stücken als in Pulver auf. 4) Durch die bei der Gährung feucht angehäufter organischer Stoffe entwickelte Wärme. So entstehen viele Brände durch Dünger, so setzte ein Blätterhaufen einen Wald in Brand. Ebenso wirken feuchte Holzspäne, Sägemehl, Torf, Samen rc. Man verhütet die Gefahr durch eine in der Mitte angebrachte Luftsäule. Hat sich Heu und dergleichen bereits erhitzt, so darf es nur ganz allmälig ausgebreitet werden, denn wenn man ein Loch in die Mitte macht, so schlägt oft die Flamme in demselben Augenblicke heraus. Über das Heißwerden der Asche s. unten im Abschnitt „Pottaschensiederei."

Erkennung des Sauerstoffs.

Die Gegenwart des Sauerstoffs in einem Raume ergibt sich leicht durch Eintauchen eines glimmenden Spans, wobei derselbe sogleich in helle Flammen ausbricht. Kleine Mengen von freiem Sauerstoffgas werden nachgewiesen durch (in ausgekochtem Wasser durch Ammoniak aus Eisenvitriol gefälltes, bei abgehaltener Luft ausgewaschenes und unter Alkohol aufbewahrtes) Eisenoxydul, frisch gefälltes Eisencyanür, reducirten Indigo oder Stickstoffoxyd, welches davon gelb bis rothbraun wird. Endlich auch durch sein Verhalten zum Wasserstoff (s. unter „Anwendung des Wasserstoffs").

Nutzen des Sauerstoffs.

Der Sauerstoff ist unentbehrlich zum Leben der Thiere und Pflanzen, zur Verbrennung bei der Erleuchtung und Heizung, zur Oxydation der Metalle, um sie in Säuren aufzulösen und vielen andern chemischen Arbeiten, zum Hervorbringen einer großen Hitze, indem man das Gas in eine Weingeistflamme leitet, zum Knallgasgebläse rc.

Wasserstoff.

Lat. Hydrogenium. Zeichen H. Atomgewicht 6,250 (den Sauerstoff = 100 gesetzt). Äquivalent (H) 12,500.

Den Namen Hydrogenium (von τὸ ὕδωρ Wasser und γεννάω erzeuge) erhielt er, weil er mit Sauerstoff das Wasser bildet, er hieß früher **brennbare** oder **inflammable Luft**. Er wurde 1766 von Cavendish zu bereiten gelehrt. Er kommt in der Natur nicht frei vor, bildet aber einen Bestandtheil des Wassers und fast aller organischen Verbindungen.

Vorkommen des Wasserstoffs.

Man erhält den Wasserstoff aus dem Wasser ($\dot{H}$) entweder durch Zersetzung mittelst eines galvanischen Stroms, durch Leitung von Wasserdämpfen über glühendes Eisen oder, und zwar am leichtesten, durch Auflösen von Zink in mit Wasser verdünnter Schwefelsäure, welche man bei

gewöhnlicher Temperatur in einer mit Entbindungsröhre versehenen Flasche auf einander wirken läßt (s. Fig. 62 S. 82). Die Schwefelsäure erhöht die Verwandtschaft des Zinks zum Sauerstoff so sehr, daß es denselben unter Entwickelung des Wasserstoffs dem Wasser entzieht, um sich dann mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd zu verbinden. Statt Zink kann man sich auch des Eisens bedienen, allein der Wasserstoff ist dann durch Kohlenstoff, den das gewöhnliche Eisen stets enthält, unter der Form eines aus Kohlenwasserstoff bestehenden stinkenden Öls verunreinigt.

Eigenschaften des Wasserstoffs.

Der Wasserstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses permanentes Gas von 0,0688 specifischem Gewicht (die atmosphärische Luft = 1,000 gesetzt). Ein Kubikfuß wiegt 0,18924 Loth, es ist also fast 15 Mal leichter als die atmosphärische Luft, der leichteste aller Körper. Damit gefüllte Seifenblasen steigen daher in die Höhe. Sein Lichtbrechungsvermögen verhält sich zu dem der atmosphärischen Luft wie 6,61436 : 1,00000; es wird nur zu 4,6 Raumtheilen von 100 Wasser verschluckt. Das reine Wasserstoffgas verbrennt mit farbloser, bei Tag kaum sichtbarer, das unreine mit bläulicher Flamme. Es unterhält das Verbrennen brennbarer Körper nicht, ein hineingehaltener brennender Span verlöscht sogleich, ebensowenig gestattet es das Athmen auf längere Zeit, wohl aber, wenn es mit atmosphärischer Luft gemengt ist, macht aber Schläfrigkeit, in größerer Menge Brustbeklemmung, Ohnmacht und den Tod. Es wirkt jedoch nur negativ schädlich, d. h. durch Mangel an Sauerstoff.

Erkennung.

Man erkennt das Wasserstoffgas an der farblosen Flamme, mit welcher es im reinen Zustande verbrennt, an der Detonation, unter welcher es sich mit der Hälfte seines Volumens Sauerstoff im Eudiometer durch den elektrischen Funken verbinden läßt ohne Rückstand an Gas, Absatz von Schwefel (wie beim Hydrothiongas) oder Abgabe von Kohlensäure (wie bei Kohlenwasserstoffgas) an das Wasser, wenn es zuvor von beigemengter Kohlensäure durch Schütteln mit Kalkwasser befreit war.

Anwendung.

Das Wasserstoffgas wird wegen seiner Leichtigkeit (1783 zuerst von Charles) zur Füllung der Luftballone benutzt. Früher brachte man dieselben durch eine Weingeistflamme zum Steigen, welche durch eine Öffnung an der untern Seite die Luft im Ballon erwärmte. Dadurch nimmt diese so an specifischem Gewicht ab, daß sie den Ballon in die Höhe trägt. Bei diesem Verfahren verbrannten aber die Ballone so häufig, daß ein Mensch nicht mit denselben aufzusteigen wagen durfte. Jetzt verwendet man statt des Wasserstoffgases das zwar etwas schwerere, aber viel billigere Steinkohlengas.

Seine Verwandtschaft zum Sauerstoff, oder seine Brennbarkeit, macht das Wasserstoffgas anwendbar zur Reduction. Man leitet einen Strom über das in einer glühenden Röhre befindliche Metalloxyd, Haloid oder Schwefelmetall, deren elektronegativer Bestandtheil mit dem Wasserstoff Wasser oder eine Wasserstoffsäure bildet. Zu eudiometrischen Versuchen, indem man den Sauerstoffgehalt eines Gasgemenges dadurch bestimmt, daß man ihn mit einem gemessenen Volumen Wasserstoff durch

den elektrischen Funken verbindet; ferner zu den **Platinzündmaschinen**, wo das durch einen geöffneten Hahn gegen Platinschwamm anströmende Gas sich mit dem durch Letzteren verdichteten Sauerstoff der atmosphärischen Luft unter Entzündung verbindet.

Obgleich seine Flamme an und für sich ein sehr schwaches Licht besitzt, wird dieselbe sehr stark leuchtend, wenn das Gas beim Durchströmen von über der Flamme befindlichem Terpentinöl sich mit dem entstehenden Dampfe verbindet [1]).

Auch zum Heizen würde man es benutzen können, da bei seinem Verbrennen eine so hohe Temperatur entsteht wie bei wenig andern Körpern und seine Darstellung keine großen Kosten erfordert, wenn man es dadurch bereitet, daß man Wasserdämpfe über glühende Kohlen leitet und die entstehende Kohlensäure durch Kalkbrei entfernt.

Es dient endlich noch zur Füllung von Gefäßen (Retorten), wenn man Substanzen bei vollständigem Luftabschluß erwärmen oder trocknen will.

Knallgas. Der Wasserstoff verbindet sich mit Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur unmittelbar nicht, man kann Beide mit einander mengen, ohne daß sie dabei eine Veränderung erleiden. Wird aber ein solches Gemenge von 2 Raumtheilen Wasserstoff und 1 Raumtheil Sauerstoffgas durch eine Lichtflamme oder den elektrischen Funken entzündet, oder mit Platinschwamm in Berührung gebracht, so verbinden sich beide Gase chemisch unter heftiger Verpuffung zu Wasser, man nennt deshalb dieses Gemenge **Knallgas**. Wenn dasselbe aus einer sehr engen Öffnung strömt, kann man es ohne Gefahr des Zurückziehens der Flamme in das Gefäß, wodurch Letzteres zerschmettert würde, entzünden. Ein Gebläse, wodurch Knallluft in eine Flamme getrieben wird, heißt **Knallgasgebläse**, es liefert den höchsten bekannten Temperaturgrad und bringt Quarz, Magnesia, Kalk, Platin zum Schmelzen.

Wasser. Das reine Wasser ist bei gewöhnlicher Temperatur eine farblose, durchsichtige, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht für alle übrigen flüssigen und festen Körper als Einheit angenommen ist. Ein preußischer Kubikzoll wiegt bei 18¾° C. (15° R.) 1⅑ Loth, ein Kubikfuß 66 Pfund. Es gefriert unter 0° C. zu Eis von 0,9268 specifischem Gewicht, weil es durch sein poröses krystallinisches Gefüge viel Luft eingeschlossen enthält. Seine größte Dichtigkeit fällt übrigens auch nicht auf den dem Gefrierpunkt zunächst stehenden niedrigsten Temperaturgrad des flüssigen Wassers, sondern auf + 4 bis 5° C. Wenn das Wasser andere Körper aufgelöst enthält, so hat es einen weit niedrigeren Gefrier- und höheren Siedepunkt als reines Wasser.

Das Wasser besitzt eine große Verwandtschaft zu Säuren, Alkalien, Erden, Metalloxyden und Salzen, auch die organischen Verbindungen können nicht ohne Wasser bestehen. Es ist der amphoterste Körper (vgl. S. 42). Das mit einer Säure oder Basis verbundene Wasser, was bei der Basis

---

1) Gaudin, Echo du monde savant, allgem. Wien. polyt. Journ. 1842. S. 12.

die Stelle einer Säure, bei der Säure die Stelle einer Basis vertritt, heißt **Hydratwasser.** Bei krystallisirten Körpern heißt dieses chemisch gebundene Wasser **Krystallwasser,** weil von seiner Gegenwart die Krystallform abhängt und ohne dasselbe verschwindet oder abgeändert wird. Das Krystallwasser wird gewöhnlich bei 100° C. ausgetrieben, während das Hydratwasser eine höhere Temperatur dazu fordert. Das Hydratwasser ist wohl zu unterscheiden vom **hygroskopischen** Wasser, welches sich nicht in stöchiometrischen Verhältnissen mit den Körpern verbindet, sondern gewisse, meist organische Substanzen je nach der größeren oder geringeren Feuchtigkeit der Luft mehr oder weniger anschwellt und manche, wie auch viele anorganischen Verbindungen, auflöst.

Alles in der Natur vorkommende Wasser ist unrein. Um reines Wasser zu erhalten, muß man das gewöhnliche Wasser destilliren, wobei die gasförmigen Verunreinigungen, wie atmosphärische Luft und Kohlensäure, als zuerst übergehend mit den ersten Portionen des Destillats entfernt werden, das später übergehende ist rein, da die fixen Beimengungen im Destillirgefäße zurückbleiben.

Bei dem natürlich vorkommenden Wasser unterscheidet man in technischer Beziehung reineres Wasser, welches man **weich** nennt, weil darin Hülsenfrüchte sich früher weich kochen, und unreineres oder **hartes** Wasser, weil sie sich in Letzterem schwierig weich kochen lassen, indem sich der im Wasser enthaltene Kalk mit der Substanz dieser Samen zu festen Verbindungen vereinigt. Zum weichen Wasser gehört das **Regen-** und **Flußwasser,** zum harten das **Quell-** oder **Brunnenwasser.** Im Ersteren löst sich Seifengeist (Auflösung von Seife in Weingeist) ohne Trübung, Letzteres wird davon getrübt (durch Ausscheidung von unlöslicher Kalkseife).

Regenwasser.

Unter den angeführten Arten ist das *Regenwasser* das reinste, doch enthält es auch bei noch so reinlichem Auffangen organische Stoffe, namentlich unmittelbar nach trockener Witterung, aus der Luft mit fortgerissene Staubtheile, ferner Ammoniak, Kohlen- und Salpetersäure. Das von Dachtraufen erhaltene enthält Kalk-, schwefelsaure Salze und Chlorverbindungen, wenn auch in geringerer Menge als Brunnenwasser.

Flußwasser.

Weniger rein ist das *Flußwasser.* Es enthält fast keine Spur von freier Kohlensäure und von kohlensauren Salzen, da sich die Kohlensäure während seines Laufes verflüchtigt und dann die in derselben gelösten kohlensauren Salze nicht mehr aufgelöst bleiben können. Dagegen findet sich darin etwas schwefelsaurer Kalk, Chlornatrium, schwefelsaure Magnesia und organische Substanzen.

Brunnenwasser.

Noch unreiner ist das *Brunnenwasser,* es enthält ziemlich viel Kohlensäure, doppelt kohlensauren Kalk und Magnesia, schwefelsauren Kalk, Magnesia und Natron, Chlorcalcium, -Magnesium und -Natrium, auch etwas Kieselerde, kohlensaures Eisenoxydul und organische Stoffe, auch in der Nähe von Ställen und Düngergruben salpetersauren Kalk und Kali. Die gewöhnlichste und stärkste Verunreinigung bildet der Kalk, an einigen Orten der kohlensaure, an andern der schwefelsaure oder Gyps.

Mineralwässer.

Die Wässer, welche soviel Kohlensäure (Einige Hydrothionsäure — Schwefelwässer) und Salze enthalten, daß sie einen auffallenden Geschmack besitzen, heißen **Mineralwässer**, sie sind nicht mehr zum gewöhnlichen Getränke geeignet, sondern werden unter die Heilmittel gerechnet.

Meerwasser.

Das **Meerwasser** erregt wegen seines bedeutenden Salzgehaltes (2,66 Procent Chlornatrium, 0,46 schwefelsaures Natron, 0,12 Chlorcalcium, 0,51 Chlormagnesium, 0,05 schwefelsaures Kali und Chlorkalium) und namentlich wegen des Chlorcalciums und Chlormagnesiums von bittrem Geschmack beim Genusse Übelkeit und Erbrechen.

Stickstoff.

Lat. Nitrogenium. Zeichen N. Äquivalent 175,000. Atom 87,500.

Er heißt auch Azot (vom α privativum und ζωή Leben, weil er unfähig ist, das Athmen zu unterhalten). Nitrogenium wurde er von Chaptal genannt, weil er in der Salpetersäure (Acidum nitricum) enthalten ist. Rutherford fand 1772, daß die Luft, worin ein Thier geathmet hat, auch nach Abscheidung der Kohlensäure durch Kalkwasser weder zum Athmen, noch zum Verbrennen wieder tauglich ist, und schloß daraus, daß dies eine eigenthümliche Gasart sei. Lavoisier erkannte später, daß dieses Gas in der atmosphärischen Luft und zwar zu $^4/_5$ derselben vorkommt und nannte es Azot.

Vorkommen des Stickstoffs.

Der Stickstoff kommt vor in der amosphärischen Luft zu 79 Raum- oder 78 Gewichtsprocenten, in mehreren Mineralquellen, als Bestandtheil mehrerer anorganischen Verbindungen, wie Salpetersäure, Ammoniak, vieler Pflanzen- und der meisten Thierstoffe.

Darstellung.

Man erhält den Stickstoff durch Entziehung des Sauerstoffgases der atmosphärischen Luft, indem man brennenden Phosphor auf einem Schälchen unter durch Wasser abgesperrte atmosphärische Luft bringt. Die entstehende Kohlensäure wird durch Kalilösung entfernt. Oder man schüttelt atmosphärische Luft in einem Glase mit Schwefelkaliumlösung, welches ebenfalls den Sauerstoff aufnimmt. Man erhält den Stickstoff ferner durch Erhitzen von salpetrigsaurem Ammoniak: $NH_3\ddot{\bar{N}} = 2\,\bar{N}$ und $3\,\dot{\bar{H}}$ (2 Doppelatome Stickstoff und 3 At. Wasser); oder durch Einleiten von Chlorgas in verdünnte Ammoniaklösung: $\bar{N}\bar{H}_3 + 3\,Cl = 3\,\bar{H}Cl$ und $\bar{N}$ (3 At. Chlorwasserstoffsäure und 1 Doppelatom Stickstoff), oder durch Versetzen einer Chlorcalciumlösung mit flüssigem Ammoniak, wobei ein lebhaftes Aufbrausen erfolgt.

Eigenschaften.

Der Stickstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses permanentes Gas, wie man dies schon aus dem Verhalten der atmosphärischen Luft schließen kann, von 0,976 specifischem Gewicht. 100 Kubikzoll wiegen 0,15475 preußische Loth, 1 Kubikfuß 2,6702 preußische Loth, er wird von Wasser und Alkohol sehr wenig aufgenommen, er unterhält in reinem Zustande ebensowenig das Athmen, sondern bewirkt Erstickung aus Mangel an Sauerstoff, als das Brennen; läßt sich aber auch selbst nicht entzünden. Er hat überhaupt zu Sauerstoff, so wie zu allen übrigen Elementen

nur eine sehr geringe Verwandtschaft, verbindet sich direct mit Sauerstoff nur, wenn man durch ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff elektrische Funken leitet, wie auch bei Gewittern aus den Gemengtheilen der atmosphärischen Luft, oder durch Entzündung eines Gemenges von Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff — zu Salpetersäurehydrat, sonst verbindet er sich mit andern Elementen nur in dem Augenblicke, wo er selbst oder diese aus einer andern Verbindung frei werden (in statu nascenti). So verbindet er sich in dem Moment, wo er bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper ausgeschieden wird, mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Salpetersäure, wenn Salzbasen, wie Kali, Kalk, prädisponirend wirken. Der Stickstoff verbindet sich ferner mit dem Wasserstoff zu Ammoniak, wenn Beide zugleich, wie bei manchen Oxydationen, aus dem Wasser, oder wie bei der Fäulniß aus organischen Körpern ausscheiden [1]). So verbinden sich die Elemente des Holzes bei der Fäulniß außer dem Sauerstoff auch mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft [2]).

Ausmittelung des Stickstoffs.

Um den Stickstoff in einem Gasgemenge nachzuweisen, verbindet man ihn — vorausgesetzt, daß sich nicht schon eine Sauerstoffverbindung des Stickstoffs sogleich zu erkennen gibt — durch den elektrischen Funken mit Sauerstoff und Wasserstoff (in einem Eudiometer), spült dann das Gefäß mit Schwefelsäure aus, welches etwas Eisenoxydul enthält. Es entsteht dabei eine nach der Menge des Stickstoffs intensive, schwarzbraune Färbung der Flüssigkeit durch die Verbindung des Eisenoxyduls mit Stickstoffoxyd.

Um den Stickstoff in einem festen Körper oder in einer Flüssigkeit zu ermitteln, erhitzt man Ersteren oder den Rückstand der eingetrockneten Flüssigkeit mit Kalkhydrat in einer unten geschlossenen Glasröhre (Fig. 18 S. 64), wobei vorhandener Stickstoff Ammoniak bildet, welches man an den weißen Nebeln erkennt, die entstehen, wenn man einen mit Essigsäure befeuchteten Glasstab darüber hält, oder an der Bläuung, welche ein Streifen rothes Lackmuspapier erleidet, wenn derselbe an einem locker aufgelegten Korkstöpsel befestigt im oberen Theile der Röhre hängt.

---

1) Die von Chevallier gemachte Beobachtung, daß bei der Oxydation feuchter Eisenfeilspäne oder feuchten Eisenoxyduls der Wasserstoff des Wassers in statu nascenti sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak verbinde, beruht nach Berzelius auf Täuschung, indem in eine feuchte Flasche gehängtes rothes Lackmuspapier sich auch ohne Gegenwart von Eisen durch Zersetzung des stickstoffhaltigen Farbstoffs bläut, was Chevallier für eine Wirkung des Ammoniaks gehalten hatte. Berzelius' Jahresbericht 24 S. 52—53; pharmaceut. Centralblatt 1844. S. 751. Mit mehr Bestimmtheit hat Sarzeau die Bildung von Ammoniak bei der Oxydation des schwefelsauren Eisenoxyduls nachgewiesen. Wenn man die mit einer oxydirten Schichte bedeckten Krystalle desselben zerreibt und mit Kalilösung übergießt, so entwickeln sich bei Annäherung eines mit Salpetersäure befeuchteten Glasstabes sogleich weiße Nebel. Bei klaren, frischen Krystallen entstehen Letztere nicht gleich, sondern erst, wenn die Oxydation beginnt. Journ. de Pharm. Mai 1837. S. 218—220. Pharm. Centralbl. 1837. S. 493. Doch steht dahin, ob dieses Ammoniak nicht schon als solches von dem Eisenoxyd aus der Luft aufgenommen wird.

2) Hermann im Journ. f. pr. Chem. 27. S. 165—177 und Mulder a. a. O. 32. S. 344—354.

Oder man erhitzt ebenso einen Theil der zu prüfenden Substanz, wenn dieselbe organischen Ursprungs ist, mit 2 oder 3 Theilen trocknem kohlensauren Kali gemengt. Lassaigne glüht mit überschüssigem Kalium, zieht dann das aus dem Stickstoff und Kohlenstoff der Substanz mit dem Kali entstandene Cyankalium mit Wasser aus, filtrirt, setzt dem Filtrate ein Eisensalz und etwas verdünnte Salzsäure bis zur schwach sauren Reaction zu. Man erhält, wenn Stickstoff zugegen war, einen Niederschlag von Berlinerblau.

Nutzen des Stickstoffs in der Natur.

Der Stickstoff bildet in der atmosphärischen Luft ein Verdünnungsmittel des Sauerstoffs, um dessen allzu heftige Einwirkung bei den verschiedenen Oxydationsprozessen, namentlich beim Lebensprozesse zu mildern. Eine Aufnahme des Stickstoffs, wenigstens eine unmittelbare, aus der atmosphärischen Luft von stickstoffhaltigen organischen Körpern ist bis jetzt durch die Erfahrung noch nicht nachgewiesen worden.

Atmosphärische Luft.

Die **atmosphärische Luft** ist ein Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf. Sie ist farblos, wird jedoch durch die darin befindlichen im Übergange zur Verdichtung begriffenen Wasserdünste weiß getrübt, läßt aber in dem Verhältnisse, als diese in geringerer Menge zugegen sind, bei heiterem Himmel den dunkeln Himmelsraum mit um so dunklerer blauer Farbe durchscheinen. Der Himmel ist daher des Morgens und Abends und in wärmeren Zonen reiner oder tiefer blau als des Mittags und in kälteren Gegenden. Die Luft ist geruch- und geschmacklos und permanent elastisch. Ihr specifisches Gewicht gilt bei Angabe des specifischen Gewichtes der Gasarten überhaupt als Einheit, wie das Wasser bei dem der tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körper. Nimmt man den Sauerstoff als Einheit, so ist das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft = 0,90695; das Wasser als Einheit gesetzt, bei völliger Trockenheit, bei 0° C. und einer Barometerhöhe von 28″ unter 45° nördlicher Breite = 0,00128, sie ist also 771 Mal leichter als Wasser. Natürlich ändert sich das specifische Gewicht nach Druck und Temperatur wie bei allen Gasen. 100 Kubikzoll wiegen 0,158564 Loth preuß., 1 Kubikfuß 2,73998 Loth und 11,68 Kubikfuß ein Pfund. Sie leitet Wärme und Elektricität, namentlich in trockenem Zustande, schlecht, unterhält das Verbrennen, ist zum Athmen die einzige taugliche Gasart, da reines Sauerstoffgas die Lungen zu stark reizt.

Die Hauptgemengtheile der atmosphärischen Luft sind Stickstoff und Sauerstoff, dem Volumen nach in dem Verhältnisse von 79 : 21, dem Gewichte nach = 76,91 : 23,09, und zwar bleibt sich dieses Verhältniß an allen, auch den verschiedensten Orten vollkommen gleich, wenn dieselben nicht vollkommen abgesperrt sind, wie fest verschlossene Krankenzimmer, Schulen und dergleichen. Die Sauerstoffabnahme durchs Athmen wird durch den fortwährenden Luftwechsel so gering, daß sie den eudiometrischen Untersuchungen entgeht [1]).

---

1) Vgl. Leblanc in Strumpf's neuesten Entdeckungen der angewandten Chemie. 1845. S. 344.

Der Wassergehalt, welcher der Luft nie, selbst nicht in der heißen, scheinbar trockenen Luft der Sandwüsten Afrikas und Asiens fehlt, wechselt nach Jahres- und Tageszeit, nach der Erhebung der Orte über dem Meeresspiegel, nach der Nähe von Gewässern, Sandebenen, Gebirgen, cultivirtem oder wüstem Land, nach den herrschenden Winden und klimatischen Verhältnissen, und beträgt um so mehr, je wärmer die Luft ist, durchschnittlich $8\frac{1}{2}$ in 1000 Volumtheilen.

Noch geringer ist die Menge des Kohlensäuregases in der atmosphärischen Luft, sie beträgt in Städten sowohl, als auf dem Lande, auf Bergen und über dem Wasser mehr im Sommer als im Winter, sie ist auch nicht zu jeder Tageszeit gleich und wechselt von 3 bis 5 in 10000 Raumtheilen.

Man hat auch kohlensaures Ammoniak in der Luft nachgewiesen. Nach Gräger beträgt die Menge desselben $\frac{6}{100000}$ Procente.

Nach Dumas, Boussingault und Brunner ist die Zusammensetzung der trockenen atmosphärischen Luft

nach Volumtheilen:		nach Gewichttheilen:	
79,16	N	77,06	N
20,79	O	22,86	O
0,05	$\ddot{C}$ im Mittel;	0,08	$\ddot{C}$

Die atmosphärische Luft ist keine chemische Verbindung, sondern ein bloßes Gemenge von Gasarten.

Wegen des constanten Verhältnisses der zwei Hauptgemengtheile, Stickstoff und Sauerstoff, haben Einige die atmosphärische Luft für eine chemische Verbindung, für ein Suboxyd des Stickstoffs betrachtet, allein dieses constante Verhältniß ist für sich zu wenig entscheidend, während wichtigere Gründe gegen diese Annahme streiten. Bringt man nämlich Stickstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse zusammen, wie sie die Luft enthält, so erhält man ein seinen chemischen und physischen Eigenschaften nach ganz mit kohlensäurefreier und trockener atmosphärischer Luft übereinstimmendes Gasgemenge, ohne daß bei dem Zusammenbringen derselben eine Erscheinung eintrete, welche auf eine chemische Verbindung schließen ließe, es zeigt sich ebensowenig eine Temperaturerhöhung, als eine Raumverminderung, welche Letztere nach unseren jetzigen Kenntnissen allemal erfolgt, wenn sich Gase in anderen Verhältnissen als von 1 : 1 dem Raume nach verbinden. Es entspricht ferner die Gewichtsmenge des Sauerstoffs, nämlich 23,09, nicht der Hälfte des Sauerstoffs im Stickstoffoxydulgas, welche 22,03 ist, also um 1,06 geringer wäre, als sie die Erfahrung angibt. Endlich hat man auch gefunden, daß das Wasser bei der Absorption von atmosphärischer Luft wegen ungleichen Lösungsvermögens für beide Gemengtheile nicht 23 Sauerstoff und 76,9 Stickstoff, sondern 32 Sauerstoff auf 68 Stickstoff aufnimmt, da das Wasser $\frac{1}{27}$ seines Volumens Sauerstoff, aber nur $\frac{1}{64}$ Stickstoff zu absorbiren vermag.

Prüfung der atmosphärischen Luft.

Da der Sauerstoff als der bei den meisten in der Luft erfolgenden chemischen Prozessen wirksame Gemengtheil derselben zu betrachten ist, so hat man schon früher die Güte der Luft, wenigstens in Beziehung zu ihrer Athembarkeit, nach ihrem Gehalte an Sauerstoff geschätzt. Besteht auch in der That nach unseren jetzigen Kenntnissen stets dasselbe Verhältniß zwischen den beiden Hauptgemengtheilen, so kann doch die Sauerstoff-

menge der Luft nach ihrem Gehalte an Kohlensäure verschieden sein. Man nennt die Prüfung der Luft auf Sauerstoff- oder auf Kohlensäuregehalt **Eudiometrie** oder Luftgütemessung, und die hierzu dienende calibrirte, schon S. 86 beschriebene, Glasröhre **Eudiometer**. Man verbindet, wie dort angegeben wurde, den Sauerstoff mit hinzugesetztem Wasserstoff zu Wasser und berechnet aus der Volumverminderung der Luft die Menge des vorhanden gewesenen Sauerstoffs. Es verschwinden hiernach beim Verbrennen von 100 Volumtheilen atmosphärischer Luft mit 50 Theilen zugesetztem Wasserstoff 63 Theile, wovon 21 aus Sauerstoff und 42 aus Wasserstoff bestanden. Der Versuch wird über Wasser, oder besser über Quecksilber gemacht. Die Volumverminderung wird aber nur richtig bestimmt, wenn man zuvor den erhitzten Gasrückstand sich wieder abkühlen läßt.

Auch durch Oxydation von Phosphor kann der Sauerstoff der Luft auf ähnliche Weise bestimmt werden. Der Phosphoreudiometer besteht aus einer oben in eine Kugel endigenden Glasröhre zur Aufnahme des Phosphors.

Durch Einfachheit und Genauigkeit empfiehlt sich besonders der von Lassaigne angegebene Kupferammoniakeudiometer. Man bringt nämlich in ein Fläschchen 3—4 Gramme (48—64 Gran bayr. Medicinalgewicht) reine Kupferdrehspäne, füllt es dann halb mit destillirtem Wasser und halb mit gesättigter Ammoniakflüssigkeit, verschließt es mit einem Glasstöpsel und stürzt es umgekehrt über die pneumatische Wanne oder ein anderes hinlänglich tiefes Wassergefäß, aber so, daß die Kupferspäne sich nicht vor die Mündung des Fläschchens legen. Alsdann mißt man ein gewisses Volumen Luft in einer gewöhnlichen, 14—15 Centimeter (5½—6 Zoll bayr.) langen und 12 Millimeter (½ Zoll) weiten Röhre und läßt es mittelst eines Glastrichters in die unter Wasser geöffnete Flasche streichen, die man dann schnell zustöpselt und 8—10 Minuten lang mit der Luft hin und her rüttelt. Alsbald nimmt das Ammonium eine immer tiefer werdende bläuliche Farbe an, weil das Kupfer sehr schnell den Sauerstoff der Luft absorbirt, um sich mit dem Ammoniak zu Kupferoxydammoniak zu verbinden, welches eine dunkel lasurblaue Farbe besitzt. Sobald aller Sauerstoff der Luft absorbirt ist, verliert die blaue Farbe wieder an Intensität. Es geht nämlich noch mehr von dem überschüssig vorhandenen Kupfer in die Verbindung ein, dieses theilt sich in den Sauerstoff des schon vorhandenen Kupferoxyds und es entsteht Kupferoxydulammoniak, eine farblose Verbindung. Sobald dies der Fall ist, läßt man das noch übrig gebliebene Gas wieder in die Röhre streichen, um es zu messen. Es befindet sich darin keine Spur von Sauerstoff mehr, und Lassaigne hat durch dieses einfache Verfahren genau dieselben Resultate erlangt, wie Dumas und Boussingault durch Wägung [1]).

---

1) Eine Kritik der Wasserstoff-, Phosphor- und Schwefelkalium-, nebst Beschreibung der Bleieudiometrie von Saussure vgl. im Journ. de pharm. Juill. 1836. S. 340—345, daraus pharm. Centralblatt 1836. S. 576—580. Vgl. auch Zenneck im Journ. f. pr. Chemie 10 S. 385—420 oder pharm. Centralbl. 1838. S. 385—396, Gay-Lussac Ann. de chém. et de phys. 1837. Dec. oder pharm. Centralbl.

Den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft bestimmt man direct, indem man dieselbe mit Kalk- oder Barytwasser schüttelt und aus dem Gewichte des gesammelten und getrockneten kohlensauren Kalks oder Baryts die Menge der Kohlensäure berechnet, oder indem man die beim Schütteln der Luft verschwindende Kohlensäure aus der Gasvolumverminderung berechnet.

Den Wassergehalt der Luft bestimmt man durch Wasser anziehende Substanzen, hygroskopische Körper. Unmittelbar bestimmt man denselben, indem man durch eine lange Glasröhre, die mit Asbest ausgelegt, mit Schwefelsäure gleichmäßig befeuchtet, abgewogen und dann an eine kleine Röhre mit geschmolzenem Chlorcalcium gebunden worden ist, die zu untersuchende Luft in eine Flasche strömen läßt, indem das in Letzterer befindliche Wasser durch einen am Boden angebrachten Hahn langsam in ein untergestelltes Gefäß abgeleitet wird, das gemessene Volumen des abgeflossenen Wassers ist gleich dem Volumen der in den Apparat getretenen Luft. Das Mehrgewicht der Röhre mit Asbest nach dem Versuche gibt die in jenem Luftvolumen enthalten gewesene Wassermenge. Die Chlorcalciumröhre zwischen dem Wassergefäße und der Asbeströhre verhütet das Eintreten von Wasserdämpfen aus dem Wassergefäße in die Asbeströhre.

Einen Ammoniakgehalt derselben ermittelt man durch Schütteln der Luft mit Salzsäure, Fällung des entstandenen Chlorammoniums durch Platinchlorid und Berechnung des Ammoniaks aus dem erhaltenen Ammoniumplatinchlorid.

Obgleich viele andere Gase und Dämpfe in die Atmosphäre übergehen, kann man doch keinen derselben darin nachweisen, bis etwa auf den Wasserstoff, wovon — vielleicht als leichtes Kohlenwasserstoffgas oder Sumpfluft — Boussingault eine nachweisbare Spur darin entdeckt haben will. Die Riechstoffe der Pflanzen, die Miasmen der Sümpfe und andere Ansteckungsstoffe, deren Gegenwart sich durch den Geruch oder ihre schädliche Einwirkung auf den thierischen Organismus hinreichend kund gibt, lassen sich durch chemische Reagentien nicht entdecken. Solche in die Atmosphäre übergehende flüchtige Verbindungen können aber auch der durch die Luft bewirkten zerstörenden Oxydation nicht lange widerstehen und die Atmosphäre enthält daher selbst die Mittel zu ihrer Reinigung in sich, indem sie alle diese organischen Stoffe in einfache Verbindungen, wie Wasser, Kohlensäure, Salpetersäure und Ammoniak verwandelt.

Da die Atmosphäre die ganze Erde umgibt, so sind auch alle Gegenstände derselben ihrer steten Einwirkung ausgesetzt und man muß deshalb bei allen chemischen Erscheinungen, welche nicht in einem luftleeren oder mit einer andern Gasart gefüllten Raume stattfinden, auf den Sauerstoff

---

1838. S. 770 und Döbereiner über Eudiometrie Journ. f. pr. Chemie 15 S. 284—286 oder im Auszug pharm. Centralbl. 1839. S. 206 und Goldmann's Eudiometer zur Prüfung der von Pflanzen ausgeathmeten Luft in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 67. S. 293—295; pharm. Centralbl. 1846. S. 693—694. Die Beschreibung von 10 verschiedenen Eudiometern nebst der Literatur über diesen Gegenstand liefert L. Gmelin's Handb. d. Chemie. 4. Aufl. 1843. I. S. 815—818.

der atmosphärischen Luft Rücksicht nehmen. Das Athmen, Verbrennen, Rosten der Metalle, die Gährung und Fäulniß sind sogar Prozesse, welche ohne alle Einwirkung eines andern Körpers als die der atmosphärischen Luft von Statten gehen.

Sauerstoff-verbindungen des Stickstoffs.

Der Stickstoff verbindet sich mit Sauerstoff in vier Verhältnissen, wodurch zwei Oxyde und zwei Säuren entstehen.

Stickstoff-oxydul.

Das **Stickstoffoxydul**, $\dot{N}$, kommt in der Natur nicht vor. Man erhält es durch Auflösen von Zink oder Eisen in verdünnter Salpetersäure, rein aber nur durch Erhitzen von chlorfreiem salpetersauren Ammoniak bis 250° C. ($NH_3 + NO_5 = HO + 2 NO$), welches sich durch einen Druck von 50 Atmosphären zur Flüssigkeit und dann durch theilweises Verdunsten zur festen Masse verdichtet.

Es ist ein unbeständiges Gas von 1,527 specifischem Gewicht, farblos, von süßlich angenehmem Geruch und Geschmack, welches beim Einathmen Heiterkeit und einen rauschähnlichen Zustand (weshalb es auch Lust- oder Lachgas heißt), bei längerer Einwirkung Bewußtlosigkeit und Schlagfluß, bei Verunreinigung mit Chlor oder Sauerstoff (weshalb auch vor dessen Einathmen alle Luft ausgeathmet sein muß) Kopfschmerz und selbst Raserei hervorbringt. Es zeigt keine besondern chemischen Reactionen, ist nicht entzündlich, unterhält dagegen die Verbrennung mit lebhafterer Flamme als die atmosphärische Luft.

Stickstoff-oxyd.

Das **Stickstoffoxyd** $\ddot{N}$ (Salpetergas, Salpeterluft), welches ebenfalls in der Natur nicht vorkommt, entsteht bei der Einwirkung der concentrirten Salpetersäure auf Metalle und andere brennbare Körper, wo es sich aber unter Luftzutritt sogleich höher oxydirt zu salpetriger Säure und dadurch eine rothgelbe Farbe annimmt.

Es selbst ist farblos und wegen seiner leichten Umwandlung in salpetrige Säure von unbekanntem Geruch und Geschmack und von 1,0393 specifischem Gewicht. Es läßt sich, wie das Stickstoffoxydul, zur Flüssigkeit und zum festen Körper verdichten, wird wenig vom Wasser absorbirt und reagirt nicht auf Pflanzenfarben. Es ist nicht brennbar und verlöscht die meisten brennenden Körper. Angezündeter Phosphor, Kalium und starkglühende Kohle brennen jedoch darin mit demselben Glanze, wie im Sauerstoffgas. Beim Einathmen wirkt es tödtlich. Man erkennt es leicht an seiner Eigenschaft, sich bei Luftzutritt braungelb zu färben, besonders aber daran, daß es Eisenoxydulsalze dunkelbraun färbt, was übrigens auch die salpetrige und Salpetersäure thun, indem sich ein Theil des Ersteren auf ihre Kosten in Oxydsalz verwandelt, wodurch sie selbst zu Stickstoffoxyd reducirt werden. Von diesen unterscheidet es sich aber dadurch, daß es blaues Lackmuspapier im reinen Zustande nicht röthet.

Salpetrige Säure.

Die **salpetrige Säure** $\dddot{N}$ kommt in der Natur nicht vor. Sie erzeugt sich durch Zusammentreten von 4 Volumen Stickstoffoxyd und 1 Volumen Sauerstoff, also beim Auflösen der Metalle in concentrirter Salpetersäure unter Zutritt der Luft.

Sie bildet ein dunkelrothgelbes, unbeständiges Gas und verdichtet sich bei — 20° C. zu einer flüchtigen, farblosen Flüssigkeit, welche bei gewöhnlicher Temperatur dunkelblau, dann grün wird und sich endlich mit gelber Farbe verflüchtigt. Man kann sie in flüssiger Form erhalten, wenn man 4 Volumen Stickstoffoxyd und 1 Volumen Sauerstoffgas durch eine enge gut abgekühlte Röhre in eine ebenfalls mit Eis und Kochsalz sehr kühl gehaltene Vorlage leitet. Das Gas besitzt einen erstickenden, stechenden Geruch, zersetzt sich mit Wasser in Salpetersäure und Stickstoffoxyd, wobei es erst gelb, dann grün, blau und zuletzt fast farblos wird. Die salpetrige Säure färbt organische Substanzen bleibend gelb, sie ist ein kräftiges Oxydationsmittel, weil sie sich noch leichter als Salpetersäure zersetzt, wird daher zur Oxydation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure und in Verbindung mit Salpetersäure zur Oxydation der Metalle benutzt und dient zu demselben Zwecke im Königswasser.

Salpetersäure. Vorkommen.

Die **Salpetersäure** $\dddot{\dot{N}}$ (Scheidewasser) existirt im freien Zustande nicht, man kennt sie nur aus ihren Verbindungen. Als Hydrat kommt sie in sehr geringer Menge im Regenwasser nach Gewittern vor[1]); auch an Basen, wie Kali, Natron, Kalk, Magnesia gebunden, ziemlich selten im Mineral- und Pflanzenreich.

Entstehung.

Die Salpetersäure entsteht, wo faulende, stickstoffhaltige Körper mit Luft, Feuchtigkeit und freien oder kohlensauren alkalischen, oder alkalisch erdigen Basen in Berührung kommen; bei Gegenwart von Alkalien auch ohne stickstoffhaltige Körper. In beiden Fällen entsteht zuerst Ammoniak, welches sich dann zu Salpetersäure oxydirt, wobei die Eigenschaft des Wassers, den Sauerstoff der Luft in größerem Verhältnisse zu absorbiren, als den Stickstoff, so wie die Porosität der Körper wesentlich mitwirkt. Die Nothwendigkeit thierischer Substanzen bei den alkalischen Erden deutet darauf hin, daß in diesem Falle das Ammoniak oder kohlensaure Ammoniak die Salpetersäurebildung veranlaßt, welches dann die gebildete Säure immer wieder auf die vorhandenen Erden überträgt, denn der salpetersaure Kalk wird von wenig kohlensaurem Ammoniak nicht zersetzt, wenn dies auch von größeren Mengen geschieht.

Da sich aber in den Zwischenräumen poröser Körper Ammoniak aus dem Stickstoff der Luft zu erzeugen vermag, (vgl. Ammoniak) so kann auch bei gleichzeitiger Abwesenheit alkalischer Basen und stickstoffhaltiger organischer Körper Salpetersäure entstehen, wenn nur wenigstens erdige Basen vorhanden sind, auf welche das entstehende salpetersaure Ammoniak seine Salpetersäure überträgt, daher der salpetersaure Kalk der Mauern feuchter Lokale.

Daß sich aber Ammoniak wirklich zu Salpetersäure oxydiren könne, hat Kuhlmann, wenigstens bei höherer Temperatur, nachgewiesen. Als er ein Gemenge von Ammoniakgas oder kohlensaurem Ammoniak und Luft

---

1) Auch künstlich erhielt sie Cavendish durch den elektrischen Funken, als er denselben durch feuchte Luft schlagen ließ.

durch eine bis 300° C. erhitzte Glasröhre leitete, welche Platinschwamm enthielt, wurde das Platin glühend und er erhielt je nach den Umständen Salpetersäure, salpetrige Salpetersäure, oder bei Ammoniaküberschuß salpetersaures Ammoniak. Schon in glühenden Röhren ohne Platin erhielt er so salpetrige Salpetersäure und Stickstoffoxyd. Stickstoff mit Sauerstoff gibt aber weder beim Erhitzen, noch bei gewöhnlicher Temperatur eine Spur von Salpetersäure. Es scheint also nothwendig zu sein, daß der Stickstoff zuvor eine Verbindung eingegangen habe, wenn er Salpetersäure bilden soll[1]).

Dumas hat diesen Übergang auch unter Vermittlung von Basen experimentell nachgewiesen. Als er ein Gemenge von atmosphärischer Luft und Ammoniakgas bei + 100° C. durch eine Kalilösung streichen ließ, erhielt er nach einigen Tagen eine merkliche Menge von salpetersaurem Kali[2]).

Kuhlmann gelang es selbst, das Ammoniak durch unmittelbare Oxydation in Salpetersäure umzuwandeln. Er erhielt nämlich letztere durch Destillation von schwefelsaurem Ammoniak mit doppeltchromsaurem Kali und Schwefelsäure, wobei die Schwefelsäure die Chromsäure abscheidet und sich mit dem Kali verbindet. Letztere ($\dddot{Cr}$) wird zu Oxyd ($\dddot{\bar{C}r}$), während der frei werdende Sauerstoff den Wasserstoff des Ammoniaks zu Wasser, den Stickstoff zu Salpetersäure oxydirt. Derselbe Prozeß findet statt bei Behandlung des Ammoniaksalzes mit Mangan- oder Bleihyperoxyd mit Schwefelsäure.

Demungeachtet glaubt Kuhlmann nicht, daß die Pflanzen ihren Stickstoff als Salpetersäure, sondern als Ammoniak erhalten, weil in der Tiefe des Bodens durch die von der Verwesung organischer Körper bedingte Desoxydation ein umgekehrter Prozeß, eine Umwandlung von Salpetersäure in Ammoniak stattzufinden scheint. Wenigstens fand er, daß beim Zusammenbringen von salpetersaurem Kali mit Zink oder Eisen und Schwefelsäure oder Salzsäure so lange wenig oder kein Wasserstoffgas entwickelt wird, bis alle Salpetersäure in Ammoniak verwandelt ist. Ebenso wirkt Schwefelwasserstoff im Augenblicke des Freiwerdens, so Eisen- und Zinnoxydulhydrat bei mehrtägiger Einwirkung[3]).

Darstellung. Man erhält die Salpetersäure gewöhnlich durch Abscheidung aus salpetersaurem Kali mittelst Schwefelsäure. Man erhitzt 102 Th. salpetersaures Kali oder 86 Th. salpetersaures Natron und 98 Th. concentrirte Schwefelsäure, $\dot{K}\ddot{\ddot{\bar{N}}}$ oder $\dot{N}a\ddot{\ddot{\bar{N}}} + 2\,\dddot{S} = \dot{K}\dddot{S}_2$ oder $\dot{N}a\dddot{S}_2 + \ddot{\ddot{\bar{N}}}$, in einer Retorte, wobei die Salpetersäure als Hydrat mit Hinterlassung des schwefelsauren Alkalis destillirt. Wendet man nur 1 Atom $\dddot{S}$ zur Zersetzung an,

---

1) Kuhlmann, Ann. der Pharm. 29. S. 272—291 und von da pharm. Centralblatt 1839. S. 520—522.

2) Compt. rend. 13. S. 1020; pharm. Centralbl. 1847. S. 159.

3) Compt. rend. Nov. 1846; Dingler's polytechn. Journ. Bd. 103. 1847. S. 302.

so bildet auch dieses nur mit der Hälfte Kali $\dot{K}\dddot{S}_2$, und es gehört dann eine viel höhere Temperatur dazu, bis die Flüchtigkeit der Salpetersäure, unterstützt von dem Streben der Schwefelsäure des $\dot{K}\dddot{S}_2$, sich des $\dot{K}$ des $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}}$ zu bemächtigen, ihre Verwandtschaft zum Kali überwindet, so daß auch das zweite Atom Salpetersäure frei wird und einfach schwefelsaures Kali zurückbleibt. Ferner ist auch hier die erste Portion Salpetersäure ziemlich wasserhaltig, während die zuletzt ausgeschiedene wegen Mangel an Wasser sich zersetzt und salpetrige Salpetersäure bildet.

Eigenschaften.

Das erste Hydrat der Salpetersäure, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}}\dot{\overline{H}}$ (= 14% Wasser), ist eine farblose rauchende Flüssigkeit von 1,522 specifischem Gewicht, welche bei — 40° C. gefriert und bei + 86° kocht, sie ist farblos, wird am Sonnenlichte durch theilweise Bildung von zweitem Hydrat und Zersetzung des wasserfreien Theils in salpetrige Säure und Sauerstoff, gelblich, zieht aus der Luft Wasser an; Eisen, Silber und andere Metalle werden davon wegen Mangel an der hinreichenden Menge Wasser nicht angegriffen.

Das zweite Hydrat, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}} + 5\,\dot{\overline{H}}$ (= 40% Wasser), welches im Handel unter dem Namen **Scheidewasser** (s. S. 120) vorkommt, ist tropfbar flüssig, von 1,42 specifischem Gewicht, kocht bei + 123° C., wird am Sonnenlichte nicht gelb und erhitzt sich nicht beim Verdünnen mit Wasser wie das erste Hydrat.

Die gewöhnliche concentrirte Salpetersäure besteht aus einem Gemenge beider Hydrate, ist farblos, besitzt einen eigenthümlichen, nicht unangenehmen Geruch, einen sehr stark sauren, etwas bitterlichen Geschmack, röthet Lackmus stark, färbt die meisten organischen, namentlich die thierischen Substanzen gelb und gibt ihren Sauerstoff leicht zur Oxydation anderer Körper ab. Sie läßt sich mit Wasser in jedem Verhältnisse mischen und zieht dasselbe selbst aus der Luft an, muß daher in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Die Salpetersäure bildet mit den Oxyden der Leicht- und Schwermetalle in Wasser meist sehr leicht lösliche Salze, **Nitrate** genannt, von dem lateinischen Namen der Salpetersäure, Acidum nitricum und dies von Nitrum Salpeter.

Ausmittelung

Man erkennt die Salpetersäure, wenn man sie für sich mit Kupferfeilspänen, oder ihre Salze unter Zusatz von concentrirter Schwefelsäure in einem Glascylinder erhitzt, wobei sich rothgelbe Dämpfe von salpetriger Säure entwickeln. Oder man bringt die freie Salpetersäure für sich, oder ihre Salze nebst Schwefelsäure mit Eisenoxydul zusammen, wodurch die Flüssigkeit, wie beim Stickstoffoxyd (S. 116) angegeben wurde, sich dunkelbraun färbt. Bei zu viel Salpetersäure tritt die Reaction nicht ein, weil sich dann alles Eisenoxydul in Oxyd verwandelt. Freie Salpetersäure in einer Flüssigkeit erkennt man auch dadurch, daß man dieselbe mit geraspeltem Hirschhorn, Federschnitzeln, oder einem anderen weißen thierischen Körper zusammen im Wasserbade abdampft, wodurch sich Letzterer citronengelb färbt. Die salpetersauren Salze erkennt man leicht daran, daß sie auf glühende Kohlen

gestreut, verpuffen. Da sie übrigens diese Eigenschaft auch mit den chlorsauren Salzen gemein haben, so muß man sie mit Schwefelsäure und Lackmustinctur zusammenbringen, wobei Letztere von der freien Chlorsäure entfärbt, von der Salpetersäure aber nur geröthet wird, während die Indigolösung von beiden gebleicht wird.

Anwendung. Die Salpetersäure ist als Oxydationsmittel für die Chemie und viele Zweige der Technik unentbehrlich, man benutzt sie daher zur Auflösung oder Oxydation vieler Metalle und anderer Körper, welche von stärkeren, aber weniger oxydirend wirkenden Säuren nicht angegriffen werden. Da sie aus einer Legirung von Gold und Silber letzteres unter Zurücklassung des ersteren löst, so nannte man das gewöhnlich hierzu verwendete zweite Hydrat Scheidewasser.

Untersalpetersäure. Die **salpetrige Salpetersäure, Untersalpetersäure**, $\overset{\therefore}{\text{N}} + \overset{\vdots\,\vdots}{\text{N}}$, oder $\overset{::}{\text{N}}$, welche man am Leichtesten durch Erhitzen von salpetersaurem Bleioxyd ($\dot{\text{P}}\text{b}\overset{\vdots\,\vdots}{\text{N}} = \dot{\text{P}}\text{b} + \text{O} + \overset{::}{\text{N}}$) erhält, bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine rothe, bei — 10° C. gelbe, bei — 20° fast farblose Flüssigkeit, welche bei — 40° eine weiße feste Masse und bei + 28° ein gelbrothes Gas bildet. Sie wird durch Wasser in Salpetersäurehydrat und Stickstoffoxydgas zersetzt, von Salpetersäurehydrat dagegen unverändert aufgelöst. Diese Flüssigkeit, gewöhnlich **rothe rauchende Salpetersäure** genannt, besitzt eine noch stärkere Oxydationskraft, als die Salpetersäure für sich.

Die Wasserstoffverbindung des Stickstoffs. Die Verbindungen des Stickstoffs mit Wasserstoff (Ammonium und Ammoniak) werden bei den Alkalien, denen sie sich nach ihrem chemischen Verhalten anschließen, abgehandelt.

Kohlenstoff.

Lat. Carboneum. Zeichen C. Atom und Äquivalent 75,000.

Vorkommen des Kohlenstoffs. Der Kohlenstoff kommt für sich in der Natur vor und zwar am reinsten als Diamant, weniger rein im Graphit und Anthrazit, gebunden in der Kohlensäure und in allen organischen Körpern.

Darstellung. Man erhält den Kohlenstoff im reinen Zustande durch Glühen von Lampenruß, durch stundenlanges Glühen von 2 Th. Eisenfeile, 1 Th. Braunstein und 1 Th. Kienruß. Die erkaltete Masse hinterläßt nach hinlänglichem Auskochen mit Salzsäure den Kohlenstoff ziemlich rein. Ganz rein erhält man ihn durch Erwärmung einer Mischung von kohlensaurer Kalkerde und Kalium, wobei der Kohlenstoff der Kohlensäure seinen Sauerstoff ans Kalium abgibt und nebst Kali und Kalk zurückbleibt, wovon man ihn durch Behandlung mit Salzsäure befreit.

Eigenschaften. Als **Diamant** krystallisirt der Kohlenstoff in durchsichtigen, farblosen oder im unreinen Zustande mannichfaltig gefärbten Oktaëdern von 3,5 specifischem Gewicht. Er ist unter allen Körpern der härteste, bricht unter allen am stärksten das Licht, besitzt einen starken und eigenthümlichen Glanz und leitet die Elektricität **nicht**.

Als **Graphit** krystallisirt er in sechsseitigen undurchsichtigen, eisen-

schwarzen Tafeln von 2,4 specifischem Gewicht und Metallglanz, welche leicht abfärben und die Elektricität leiten.

Der Anthrazit, so wie der künstlich gebildete Kohlenstoff zeigen keine Spur von Krystallisation, sie sind compact oder pulverförmig, dicht oder porös, von 2,0 specifischem Gewicht, undurchsichtig, schwarz und leiten die Elektricität schlecht.

Allotropie. Diese Eigenschaft, unter gewissen Umständen eine verschiedene Form und Beschaffenheit anzunehmen, hat man außer dem Kohlenstoff auch noch an einigen andern Elementen wahrgenommen, wie beim Schwefel, Phosphor, Bor und Kiesel. Berzelius nennt dieses Verhalten **Allotropie** und bezeichnet die 3 allotropischen Zustände des Kohlenstoffs mit den Zeichen $C\alpha$, $C\beta$, $C\gamma$.

Alle Arten des Kohlenstoffs sind stets fest, völlig unschmelzbar, feuerbeständig, geruch- und geschmacklos, unlöslich in Wasser und allen übrigen Lösungsmitteln, etwa schmelzendes Eisen ausgenommen, aus welchem der Kohlenstoff beim Erkalten als Graphitkrystalle ausscheidet; bei Luftzutritt oder im Sauerstoffgas zum Glühen erhitzt, verbrennt der reine Kohlenstoff ohne Rückstand zu Kohlensäure, während unreiner, wie Kohle, hierbei seine fixen Bestandtheile zurückläßt. Je dichter der Kohlenstoff ist, um so besser leitet er die Wärme, aber um so schwieriger läßt er sich entzünden, wie namentlich der Diamant, Graphit und Anthrazit.

Kohle. Ein unreiner Kohlenstoff ist die Kohle, der Rückstand, welcher bei einer durch hohe Temperatur eingeleiteten Zersetzung organischer Körper bleibt. Sie enthält außer dem kleinen Wasserstoffgehalte der Pflanzenkohle und dem Stickstoffgehalte der Thierkohle meistens noch die Grundlagen verschiedener Alkalien, Erden und Schwermetalloxyde wahrscheinlich im metallischen Zustande oder als Kohlenstoffmetalle, welche beim Verbrennen der Kohle als Sauerstoffverbindungen, **Asche**, zurückbleiben. Die Kohle bildet eine schwarze poröse Masse von der Form der verkohlten Körper, wie das Holz, oder wenn diese beim Verkohlen schmelzen, von unbestimmter Form und dabei vermöge der Aufblähung der entweichenden Gasarten von schwammigem Aussehen und häufig metallähnlichem Glanz, wie Zucker, Leim, Horn.

Vermöge ihrer Porosität zeichnet sich die Kohle vorzüglich durch zwei Eigenschaften aus, nämlich durch das Vermögen, aus Flüssigkeiten verschiedene aufgelöste Körper auszufällen und in sich aufzunehmen, und durch das Vermögen, in ihre Poren sehr bedeutende Mengen von Gas einzusaugen und darin im verdichteten Zustande festzuhalten. Man benutzt sie daher zum Entfärben von Flüssigkeiten, zum Entfärben des Zuckers, zur Entziehung verschiedener übelriechender Stoffe wie bei der Entfuselung des Branntweins, oder beim Trinkbarmachen von fauligem Wasser, zur Befreiung der Luft in abgeschlossenen Räumen von Kohlensäure und anderen der Gesundheit nachtheiligen Gasen.

Am reichlichsten nimmt die Kohle das Wassergas aus der Luft auf, weil sich dasselbe am Leichtesten verdichtet. Die Holzkohle nimmt daher

beim Liegen an der Luft um 10 bis 20 Procent am Gewichte zu, theils durch Aufnahme von atmosphärischer Luft, theils durch Verdichtung von Wasser. Aus dem Vermögen der Kohle, sowohl Luft, als Wassergas zu absorbiren, erklärt es sich, daß wenn Kohle, unmittelbar nach dem Glühen pulverisirt wird, noch ehe sie also ihre Absorption beendigt hat und diese also erst nachher erfolgt, sich das Kohlenpulver durch diese Absorption so stark erhitzt, daß Feuer darin ausbricht, wie häufig auf Pulverfabriken, was aber nie geschieht, wenn die Kohle vor dem Pulvern einige Tage der Luft ausgesetzt und ihre Absorption also beendigt war.

Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffs.

Die wichtigsten Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffs sind ein indifferenter Körper, das Kohlenoxydgas und zwei Säuren, die Sauerkleesäure, wovon erst bei den organischen Säuren die Rede sein wird, und die Kohlensäure.

Kohlenoxydgas.

Das **Kohlenstoffoxyd** oder Kohlenoxydgas $\dot{C}$ kommt in der Natur nicht vor, bildet sich aber bei jeder Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Körpern, namentlich wenn dieselbe aus Mangel an hinreichendem Sauerstoff nur unvollkommen erfolgt, und bei der Reduction der Metalloxyde durch Kohte. Um es darzustellen glüht man kohlensaure Kalkerde mit Kohle, oder erhitzt Sauerkleesäure ($\dddot{\overline{C}}$) mit concentrirter Schwefelsäure ($\dddot{\overline{C}} + 3\,\dot{\overline{H}} + 3\,\dddot{S}\dot{\overline{H}} = 3\,\dddot{S}\dot{\overline{H}}_2 + \ddot{C} + \dot{C}$) und entfernt die zugleich gebildete Kohlensäure ($\ddot{C}$), indem man das Gas durch Kalkwasser leitet.

Es ist ein farbloses, geruch- und geschmackloses, permanentes Gas von 0,97 specifischem Gewicht, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, wird von 100 Raumtheilen Wasser zu 6,5 Raumtheilen verschluckt, erstickt Menschen und Thiere, erregt, mit Luft gemengt, Schwindel und Kopfschmerz und verbrennt mit blaßblauer Flamme zu Kohlensäure.

Kohlensäure. Vorkommen.

Die **Kohlensäure** (Luftsäure, fixe Luft), $\ddot{C}$, bildet einen Gemengtheil der atmosphärischen Luft, wovon sie aber im Durchschnitt nur etwa 0,0005 dem Gewichte nach beträgt, in größerer Menge quillt sie an manchen Stellen aus der Erde, wie in der Hundsgrotte bei Neapel, in der Dunsthöhle bei Pyrmont im Fürstenthum Waldeck, bei Brohlthal am Rhein; sie findet sich ferner in Kellern, wo sie durch Gährung entsteht, oder sich vermöge ihres specifischen Gewichts wie auch in Grüfte und Brunnen rc. hinabsenkt, ferner in Bergwerken, wo sie saure oder stickende Wetter genannt wird. Sie findet sich im Quellwasser, welches ihr auch seinen erfrischenden Geschmack verdankt und Sauerwasser oder Säuerling heißt, wenn es so viel davon enthält, daß es einen auf der Zunge angenehm stechenden oder prickelnden Geschmack besitzt, wie die Säuerlinge von Selters, Kissingen, Bocklet, Brückenau, Franzensbad, Pyrmont rc. Sie bildet sich an allen Orten, wo Thiere athmen, oder organische Körper gähren und verwesen. Endlich kommt sie auch noch in großer Menge chemisch gebunden in der Natur vor, namentlich mit Kalkerde.

Darstellung.

Um sie darzustellen, übergießt man kohlensaure Kalkerde, Marmor

oder Kreide mit verdünnter Schwefelsäure ($\dot{Ca}\ddot{C} + \dddot{S} = \dot{Ca}\dddot{S} + \ddot{C}$) oder Salzsäure ($\dot{Ca}\ddot{C} + H\text{-}Cl = Ca\text{-}Cl + \dot{H} + \ddot{C}$).

Eigenschaften. Die Kohlensäure ist ein farbloses, unbeständiges Gas von stechend säuerlichem Geruch und Geschmack und 1,5245 specifischem Gewicht. Sie wird durch einen Druck von 36 Atmosphären tropfbar flüssig und verdichtet sich, wenn man sie in diesem Zustande zum Theil aus einer sehr engen Öffnung ausströmen läßt, durch die dabei entstehende Verdunstungskälte zur festen eisförmigen Masse, durch deren Schmelzung und Verdunstung man die niedrigsten Temperaturgrade (bei gewöhnlichem Luftdrucke — 78° C. und unter der Luftpumpe — 93°) hervorgebracht hat.

Das kohlensaure Gas wirkt erstickend beim Einathmen, schon wenn es der Luft nur zu 9 Volumprocenten beigemengt ist, es verlöscht brennende Körper, röthet schwach das feuchte Lackmuspapier, welches beim Trocknen an der Luft seine blaue Farbe wieder annimmt; Baryt- und Kalkwasser werden davon durch Bildung von kohlensauren Verbindungen getrübt. Das Wasser nimmt bei gewöhnlichem Luftdrucke sein gleiches Volumen, unter einem stärkeren Drucke 2—3 Volumen Kohlensäure auf, welche es dann bei gewöhnlichem Luftdrucke in kleinen Bläschen wieder abgibt. Es beruht darauf das Perlen der kohlensäurehaltigen Wässer, welche die unter einem starken Drucke unter dem Boden aufgenommene Kohlensäure an der Luft wieder abgeben.

Kohlensaure Salze. Die Kohlensäure verbindet sich mit den meisten, zumal den starken Basen (außer der Thonerde, dem Cer-, Mangan-, Eisen- und Zinnoxyd und den Oxyden der meisten mehr negativen Metalle) zu kohlensauren Salzen, **Carbonaten** (vom lat. Namen der Kohlensäure, Acidum carbonicum). Sie ist übrigens eine schwache Säure, wird leicht von den meisten andern Säuren aus ihren Verbindungen unter Aufbrausen ausgetrieben, und bei starken Basen verschwindet nach ihrer Verbindung mit Kohlensäure nicht einmal die alkalische Reaction.

Ausmittelung der Kohlensäure. Um die Gegenwart der freien Kohlensäure in der Luft eines Raumes zu ermitteln, leert man ein mit destillirtem oder Regenwasser gefülltes Glas an dem Orte bis auf einen kleinen Rest von Wasser aus, welcher dazu dient, um aus dem verstopften und umgestürzten Glase die äußere Luft abzuhalten, und schüttelt dann die Luft mit Kalk- oder Barytwasser, welche davon unter Bildung kohlensaurer Erden getrübt werden. Mit Kohlensäure gesättigtes Wasser perlt beim Ausgießen, besonders beim Hineinwerfen von etwas Zucker, und kohlensaure Salze brausen sowohl in aufgelöster, als in fester Form beim Zutröpfeln von Säuren auf. Quantitativ bestimmt man sie durch Messen ihres Volumens, oder wo sie nicht für sich allein vorkommt, durch Berechnung aus dem Barytniederschlag.

Nutzen. Die Kohlensäure der Luft dient zur Ernährung der Gewächse, indem sie diese absorbiren, zersetzen und den Sauerstoff wieder abgeben. Man benutzt die Kohlensäure in der Chemie zu verschiedenen Scheidungen und Verbindungen, ebenso auch zu mancherlei technischen Zwecken.

Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs.

Zu den Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs gehören außer zwei Gasarten, dem leichten und schweren Kohlenwasserstoffgas, auch noch verschiedene tropfbar flüssige und feste Körper, welche aber wie das Terpentin-, Wachholder- und Birkenöl (alle 3 isomer = $C_{10}H_{16}$), Citronen- und Copaivbalsamöl (C_5H_8), Steinöl und Kautschuk (C_3H_5), Paraffin ($C_{21}H_{42}$), Eupion (C_6H_{12}) ꝛc. theils zu den Produkten des Pflanzenlebens, zum Theil zu denen der trockenen Destillation gehören, wo sie auch in der Regel abgehandelt werden.

Leichtes Kohlenwasserstoffgas.

Das **Kohlenwasserstoffgas im Minimum des Kohlenstoffgehaltes**, Wasserstoffsubcarburet, leichte Kohlenwasserstoffgas, Grubengas oder Sumpfluft, CH_2, entwickelt sich beim Faulen organischer Körper, in Sümpfen, Morästen und stehenden Wässern, auch in Steinkohlengruben, wo es wegen der Explosionen, welche es beim Nähern einer Flamme erzeugt, schlagende Wetter oder feurige Schwaden heißt. Man wendet daher an solchen Orten zur Beleuchtung Davy's Sicherheitslampe (vgl. S. 105) an. Das Drahtnetz, welches das Licht dieser Lampe umgibt, kühlt das brennende Gas so weit ab, daß sich die Flamme nicht durchs Netz verbreiten kann. Es bildet ferner einen Hauptbestandtheil der Gasarten, welche sich aus den gewöhnlichen Leuchtmaterialien entwickeln. Um dieses Gas zu erhalten, muß man es über Sümpfen auffangen, indem man dort Gefäße mit Wasser ausleert, oder man glüht Steinkohlen in einer eisernen Retorte und leitet das Gas zuerst durch eine rothglühende Röhre und dann durch Kalkmilch. Es läßt in jener Kohle, in dieser Schwefelwasserstoffgas. Das so erhaltene Gas ist aber stets mit etwas Kohlenoxyd, oft auch mit Wasserstoff gemengt. Rein erhält man es durch Erhitzen eines innigen Gemenges von 1 Atomgewicht (10⅔ Theile) geschmolzenem Barythhydrat (auch mit gebranntem Kalk) und 1 Atomgew. (10⅓ Th.) wasserfreiem essigsaurem Natron.

Davy's Sicherheitslampe.

Es ist ein farbloses und im reinen Zustande geruchloses permanentes Gas von 0,56 specifischem Gewicht, es wird von 100 Raumtheilen Wasser zu 7 Raumtheilen absorbirt, verbrennt beim Entzünden an der Luft mit blasser Flamme zu Kohlensäure und Wasser, explodirt dabei heftig, wenn es zuvor mit dem doppelten Volumen Sauerstoffgas vermengt war. Es ist eingeathmet dem Leben und der Gesundheit sehr nachtheilig und bildet in sumpfigen Gegenden den Träger vieler Krankheitsstoffe.

Das schwere Kohlenwasserstoffgas.

Das **Kohlenwasserstoffgas im Maximum des Kohlenstoffgehaltes**, Wasserstoffcarburet, schweres Kohlenwasserstoffgas, ölbildendes Gas oder Leuchtgas, CH, kommt in der Natur nicht vor. Man erhält es durch Kochen von einem Gewichtstheile langsam mit 4 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure gemengten Alkohols, die zugleich gebildete schwefelige Säure und Kohlensäure läßt man von Wasser absorbiren. Der Alkohol ($C_4H_{12}O_2 + x\dot{H} = 4\,CH_2 + 2\,\dot{H} + x\dot{H}$) tritt nämlich der Schwefelsäure nicht allein sein gebundenes Wasser ab, sondern wird in Leuchtgas und Wasser zersetzt, welches letztere die

Säure ebenfalls aufnimmt; zuletzt bildet sich durch Zersetzung der Säure schweflige und Kohlensäure und eine kohlige Masse bleibt zurück. Ohne Nebenprodukte erhält man es durch Erhitzen von 3 Theilen geschmolzener und dann pulverisirter Boraxsäure und 1 Theil wasserfreiem Alkohol, dem die Boraxsäure blos Wasser entzieht. Im Großen bereitet man es zur Gasbeleuchtung durch Glühen von Steinkohlen, oder indem man verschiedene harz- und fettartige Flüssigkeiten auf glühende Eisenflächen tropfen läßt, oder ihre Dämpfe durch glühende Röhren leitet.

Es ist ein farbloses, permanentes Gas von Ekel erregendem Geruche und 0,98 specifischem Gewicht, weshalb es auch schweres Kohlenwasserstoffgas heißt, da das vorhergehende nur 0,56 specifisches Gewicht hat, wirkt eingeathmet sehr giftig, wird vom sechsfachen Volumen Wasser absorbirt, zeigt keine Reaction, verbrennt an der Luft entzündet mit starkleuchtender hellgelber Flamme (daher Leuchtgas) zu Wasser und Kohlensäure und verpufft dabei, wenn es mit dem dreifachen Volumen Sauerstoffgas gemengt war, sehr heftig. Mit dem doppelten Volumen Chlorgas an der Luft entzündet, entsteht Chlorwasserstoffsäure unter Ausscheidung von Kohlenstoff, während es sich bei abgehaltener Luft damit zu einem ölartigen Körper, Chloräther oder Chlorelayl, C_2H_4Cl verbindet, woher der Name ölbildendes Gas.

Außer bei der Destillation der Steinkohlen entsteht das Leuchtgas auch bei der Verbrennung des Holzes, Öls, Talgs, Wachses, der Harze und überhaupt aller organischen Körper, welche mit gelber, leuchtender Flamme brennen, und bildet so den Hauptbestandtheil der Flamme aller Leucht- und der meisten Brennmaterialien.

Die übrigen Kohlenstoffverbindungen.

Eine Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Stickstoff, das Cyan, findet als Salzbilder besser eine Stelle bei diesen.

Das durch Destillation von Steinkohlen, oder auch aus Fetten und Harzen im unreinen Zustande erhaltene Leuchtgas benutzt man zur Gasbeleuchtung. Green bediente sich zuerst dieses Gases statt des Wasserstoffs (vgl. S. 107) zur Füllung der Luftballons, obgleich es etwas schwerer ist als dieser, weil man es in jeder Gasbereitungsanstalt vorräthig findet und dieses Gas die Poren des Ballons nicht so leicht durchdringt.

Die Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff bilden als organische Körper eine eigene Abtheilung in der Chemie, welche der der einfacheren anorganischen nachfolgt.

Schwefel.

Lat. Sulphur. Zeichen S. Atom und Äquivalent 201,163, nach Erdmann und Marchand 200,000.

Vorkommen des Schwefels.

Der Schwefel kommt frei in der Nähe von Vulkanen, oft krystallisirt, auch in krystallinischen und pulverigen Massen in verschiedenen Gesteinen eingesprengt und als Überzug vor, häufiger in Verbindungen und zwar mit Metallen, wie im Eisen- und Kupferkies, Bleiglanz 2c., besonders aber mit Sauerstoff als Schwefelsäure in Salzen, wie schwefelsaurer Kalk oder Gyps, schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz, schwefelsaures

Natron oder Glaubersalz, schwefelsaures Eisenoxydul oder Eisenvitriol ꝛc., mit Wasserstoff verbunden in den Schwefelwässern. Er kommt ferner im Thierreiche vor, im Pflanzenreiche, in den Samen der Cerealien und Leguminosen, besonders in den Cruciferen und Zwiebelgewächsen.

Darstellung des Schwefels. Man schmilzt oder destillirt den Schwefel von den erdigen Theilen oder aus Schwefelkies (FeS_2) ab. Der so erhaltene Rohschwefel wird geschmolzen, abgeschäumt und in genäßte Formen gegossen (Stangenschwefel), oder in geräumigen Kammern sublimirt, an deren Wände er sich als ein feines Pulver (Schwefelblumen) ablagert, und dann durch Abwaschen mit Wasser von anhängender schwefliger Säure gereinigt. Noch feiner zertheilt erhält man den Schwefel durch Fällung von Schwefelalkalien mit Säuren, wo man ihn früher wegen seiner weißen Farbe Schwefelmilch nannte.

Eigenschaften. Der Schwefel krystallisirt aus Auflösungen in spitzen Rhombenoktaëdern, beim Schmelzen oder Sublimiren in schiefen rhombischen Säulen, der präcipitirte ist amorph. Er ist entweder citronengelb und durchsichtig oder blaßgelb und undurchsichtig. Er hat ein specifisches Gewicht von 2,0, ist spröde, knistert durch Entstehen kleiner Sprünge beim Erwärmen in der Hand, leitet die Elektricität nicht, die Wärme schlecht, durch Reiben wird er negativ elektrisch, schmilzt bei + 111° C. zur hellgelben, dünnflüssigen Masse, bei höherer Temperatur (+ 260°) geht er in den amorphen Zustand über, wo er braun, dick und zähe ist, und in welchem er sich auch durch schnelles Ausgießen in kaltes Wasser bis zwei Tage erhalten läßt. Über 250° nimmt die Zähigkeit wieder ab und er kocht endlich bei 316°, indem er sich in einen braunrothen Dampf verwandelt.

Dieses abweichende Verhalten beruht darauf, daß der Schwefel bei verschiedenen Temperaturen in verschiedene allotropische Zustände (vgl. S. 121) übergeht. Als $S\alpha$ erscheint er in gelben, durchsichtigen Rhombenoktaëdern von 2,0 specifischem Gewicht, als $S\beta$ in braunen, durchsichtigen Prismen von 1,98 specifischem Gewicht, die beim Erstarren des geschmolzenen Schwefels entstehen, aber beim Erkalten gelb und undurchsichtig werden, indem sie dann ein Aggregat von unendlich kleinen Krystallen von $S\alpha$ bilden. $S\gamma$, welcher bei 260° entsteht, hat 1,95 specifisches Gewicht. Das Zähewerden rührt also daher, daß $S\alpha$ bei 111°, $S\gamma$ aber erst bei 260° zu schmelzen beginnt.

Er hat einen schwachen Geruch und Geschmack, ist unlöslich im Wasser, wenig löslich in Alkohol und Äther, leicht in fetten Ölen, Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel. Auch in concentrirter Schwefelsäure löst er sich ohne Oxydation mit blauer, grüner oder brauner Farbe auf und wird durch Zusatz von Wasser daraus wieder unverändert abgeschieden [1]. Bis

---

1) Außer dem Schwefel ist die Schwefelsäure nur noch für zwei andere Elemente ein indifferentes Lösungsmittel; Selen löst sich darin mit grüner, Tellur mit Purpurfarbe und werden daraus gleichfalls von Wasser unverändert niedergeschlagen.

über den Siedepunkt erhitzt verbrennt der Schwefel mit blauer Flamme zu schwefligsaurem Gas.

Ausmittelung

Den Schwefel erkennt man für sich oder in seinen Verbindungen mit Metallen an dem Geruche beim Verbrennen. Um sehr kleine Mengen in organischen Substanzen zu entdecken, glüht man, nach Hansmann, den zu untersuchenden Körper in einer etwa 3 Zoll langen, an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre über der Weingeistlampe und läßt die dabei entwickelten Gase an mit Bleiessig benetztes Papier treten, welches man in einem Einschnitte eines locker aufgelegten Korkstöpsels befestigt. Das Papier bräunt sich bei den kleinsten Mengen des vorhandenen Schwefels mit dem eigenthümlichen Metallglanze von frisch gebildetem Schwefelblei.

Thierische Substanzen kann man auch in starker Kalilauge auflösen und setzt einige Tropfen essigsaures Bleioxyd zu, jedoch nicht mehr, als die Kalilauge auflöst. Beim Kochen der Mischung entsteht dann ein schwarzer Niederschlag von Schwefelblei. Da jedoch die alkalischen Lösungen, besonders eiweißartiger Körper, sich beim Kochen auch ohne Zusatz von Blei bräunen, so bedeckt man besser blos das Gefäß mit in essigsaure Bleioxydlösung getränktem Fließpapier.

Anwendung des Schwefels.

Der Schwefel wird zur Darstellung verschiedener chemischer Verbindungen, besonders der schwefligen und Schwefelsäure, benutzt, zu Abgüssen, Formen, Zündhölzern, Schwefelfaden und Lappen, zum Schießpulver ꝛc.

Sauerstoffverbindungen des Schwefels.

Die wichtigsten Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff sind die schweflige Säure und die Schwefelsäure[1].

Schweflige Säure. Vorkommen und Darstellung.

Die schweflige Säure $\ddot{S}$ findet sich in vulkanischen Gegenden sowohl im gasförmigen Zustande, als aufgelöst in Quellwässern und bildet sich beim Verbrennen des Schwefels, beim Rösten der Schwefelmetalle. Man bereitet sie durch Verbrennen des Schwefels an der Luft, in Gasentwickelungsgefäßen durch Desoxydation der concentrirten Schwefelsäure, indem man dieselbe mit organischen Körpern, z. B. Holzsägespäne oder mit Kohle, mit Silber, Quecksilber oder Kupfer erhitzt, oder durch Oxydation des Schwefels, indem man ihn mit Braunstein erhitzt.

Eigenschaften.

Die schweflige Säure ist ein farbloses unbeständiges Gas von erstickendem Geruche, widerlich zusammenziehendem saurem Geschmacke und 2,25 specifischem Gewicht, welches bei — 20° C. tropfbarflüssig wird und dann bald durch die bei der Verdunstung entstehende Kälte zu einer festen

1) Berzelius theilt die Säuren des Schwefels in 4 Abtheilungen nach der Anzahl von Schwefelatomen, welche in 1 Atom Säure enthalten ist und bezeichnet dieselben mit Mono-, Di-, Tri- und Tetrathionsäure von θεῖον Schwefel. Zu jeder der beiden ersten Abtheilungen gehören zwei Säuren. Also 1) Monothionsäuren: Schwefelsäure $\dddot{S}$ und schweflige Säure $\ddot{S}$. 2) Dithionsäuren: Dithionsäure (Unterschwefelsäure) $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{S}}$ und dithionige Säure (unterschweflige Säure) $\ddot{\bar{S}}$. 3) Trithionsäure S_3O_5. 4) Tetrathionsäure S_4O_5. Hierzu fügte noch Wackenroder 5) die Pentathionsäure S_5O_5.

weißen Masse erstarrt. Sie wirkt beim Einathmen erstickend und verlöscht brennende Körper, ohne selbst brennbar zu sein. Ein Volumen kaltes Wasser verschluckt 44, Alkohol 116 Volumen schwefligsaures Gas.

Die wässerige Lösung bildet mit dem Sauerstoff der Luft Schwefelsäure und röthet anfangs Lackmuspapier, bleicht es aber bald. Auch noch auf viele andere Thier- und Pflanzenfarbstoffe (vgl. d. A.) wirkt sie bleichend, indem sie sich damit theils verändert, theils unverändert verbindet. Die Entfärbung dauert daher nur so lange, als die Verbindung der schwefligen Säure mit dem Farbstoff besteht, und die Farbe erscheint wieder, wenn sich die $\ddot{S}$ allmälig an der Luft zu Schwefelsäure oxydirt, oder durch eine stärkere Säure, wie Schwefelsäure abgeschieden wird. Sie reducirt beim Erwärmen die Oxyde der edlen Metalle und verwandelt Eisen- und Kupferoxyd in Oxydule; zu Basen hat sie wenig Verwandtschaft und wird aus ihren Verbindungen (**Sulphiten**) durch stärkere Säuren unter Aufbrausen ausgetrieben.

Erkennung der schwefligen Säure.

Man erkennt die schweflige Säure leicht aus ihrem Geruche und ihrer Reaction auf Lackmus. Um sehr kleine Mengen freier oder gebundener schwefliger Säure in Flüssigkeiten nachzuweisen, versetzt man die Flüssigkeit mit etwas reinem Zink und wenn die Flüssigkeit nicht selbst eine Säure ist, mit 4—5fachem Volumen reiner verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, und leitet das entwickelte Gas in eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd. Die schweflige Säure bildet mit dem durch die Auflösung des Zinks erzeugten Wasserstoff Wasser und Schwefelwasserstoffgas, welches Bleisalze in Schwefelblei verwandelt, es entsteht daher ein schwarzer Niederschlag. Doch muß zuvor das Gas aus Zink und Säure allein eingeleitet werden, um zu sehen, ob nicht dieses unrein ist und schon für sich die Reaction bewirkt. Oder man erhitzt die Flüssigkeit mit Zinnchlorür und Salzsäure bis zum anfangenden Kochen, wo bei größerer Menge ein deutlicher brauner Niederschlag von Schwefelzinn entsteht. Wenn die Reaction undeutlich bleibt, setzt man etwas schwefelsaures Kupferoxyd zu, wo sogleich ein schwarzer Niederschlag von Schwefelkupfer entsteht.

Anwendung.

Man benutzt die schweflige Säure zur Reduction der Metalloxyde, zum Bleichen der Wolle und Seide, zur Schwefelsäurefabrikation, zur Verhinderung des Sauerwerden des Weins, zum Löschen des Feuers in geschlossenen Räumen, da sie allen übrigen Stoffen den zum Brennen nöthigen Sauerstoff entzieht.

Schwefelsäure. Vorkommen.

Die **Schwefelsäure** $\dddot{S}$ findet sich in der Natur im freien Zustande nur sparsam in einigen vulkanischen Gewässern; häufig aber in mehreren Salzen, besonders im schwefelsauren Kalk oder Gyps, schwefelsauren Baryt oder Schwerspath, in der schwefelsauren Magnesia oder Bittersalz, im schwefelsauren Eisenoxydul oder Eisenvitriol.

Darstellung.

Man bereitet sie durch Glühen des calcinirten Eisenvitriols (**Nordhäuser Schwefelsäure**), wobei Schwefelsäure destillirt und Eisenoxyd (Colcothar) zurückbleibt, oder durch gleichzeitiges Einleiten von schwefliger Säure, Stickstoffoxyd, atmosphärischer Luft und Wasserdämpfen in große Behälter von Blei (Bleikammern), wobei das Stickstoffoxyd durch den Sauerstoff der

Luft zu salpetriger Säure oxydirt wird, welche wieder die schweflige Säure in Schwefelsäure verwandelt, während sie selbst wieder zu Stickstoffoxyd desoxydirt wird, dieses wird wieder vom Sauerstoff der Luft in salpetrige Säure verwandelt u. s. f. Die dadurch erhaltene wässerige Schwefelsäure wird nachher in Bleigefäßen und, wenn sie so stark geworden, daß sie das an der Oberfläche der Gefäße entstandene schwefelsaure Blei auflöst, in Platingefäßen durch Verdampfen des Wassers concentrirt **(englische Schwefelsäure)**. In beiden Fällen ist die Schwefelsäure wasserhaltig. Wasserfrei erhält man sie durch Destillation der nach der ersteren Methode erhaltenen wasserhaltigen Säure bei gelinder Wärme.

Eigenschaften.

Die wasserfreie Schwefelsäure bildet weiße, feine, weiche Krystallnadeln und Warzen, ist geruchlos, von 1,97 specifischem Gewicht, schmilzt gegen + 20° C. und kocht gegen 30° C., löst Schwefel mit blauer, grüner oder brauner Farbe auf, bildet an feuchter Luft durch Verdichtung von Wasser weiße Nebel, zerfließt und verbindet sich in Wasser geworfen mit demselben unter heftigem Zischen und starker Wärmeentwickelung zu vier verschiedenen Hydraten.

Hydrate der Schwefelsäure.

Das erste Hydrat $\dddot{S}_2\dot{H}$ enthält 10% Wasser, krystallisirt bei 0° C., raucht und zerfließt an feuchter Luft.

Das zweite Hydrat $\dddot{S}\dot{H}$ enthält 18,5% Wasser, ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit von 1,84 specifischem Gewicht, gesteht bei — 34° C., kocht bei + 326° C., zieht Wasser aus der Luft an, erhitzt sich mit Wasser sehr stark, muß daher ins Wasser, nicht aber das Wasser in die Säure gegossen werden, weil sonst das Wasser durch seine plötzliche Verdampfung die Säure umherschleudert.

Das dritte Hydrat $\dddot{S}\dot{H}$ enthält 31% Wasser, ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit von 1,78 specifischem Gewicht, die bei 0° C. farblose Krystalle bildet, bei + 4° schmilzt und bei + 224° kocht, es erwärmt sich gleichfalls mit Wasser und zieht immer noch Feuchtigkeit aus der Luft an.

Das vierte Hydrat $\dddot{S}\dot{H}_3$ enthält 40,2% Wasser, ist flüssig, von 1,63 specifischem Gewicht, kocht bei + 171° C. und erwärmt sich nicht mit Wasser.

Alle diese Hydrate sind farb- und geruchlos, schmecken im unverdünnten Zustande stark sauer und röthen Lackmus stark. Das erste und zweite Hydrat erregen, auf die Haut gebracht, schmerzhafte Brandblasen und zerstören überhaupt die meisten organischen Körper, indem ihnen die Säure Wasserstoff und Sauerstoff entzieht und sich selbst damit als Wasser verbindet, unter Ausscheidung von Kohlenstoff, welcher die Säure bräunlich bis schwarz färbt. Diese Färbung verschwindet beim Aufkochen unter Entwickelung von Kohlensäure und schwefliger Säure. Durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure in der Wärme entstehen aus vielen organischen Körpern neue Verbindungen. Bei Temperaturen, welche unter ihrem Siedepunkt liegen, ist die Schwefelsäure eine der stärksten aller Säuren, dagegen kann sie bei Temperaturen, welche viel darüber liegen, durch viel

schwächere aber feuerbeständige Säuren ausgetrieben werden, was noch durch eine Atmosphäre von Wassergas bedeutend erleichtert wird, indem sie sich mit dem Wasser verbindet. Sonst ist eine weit höhere Temperatur zu ihrer Austreibung nöthig, sie wird dann in schweflige Säure und Sauerstoff zerlegt. Sie verbindet sich begierig mit den Basen, die wasserfreie mit starken Basen sogar unter Erglühen und treibt daher die meisten Säuren aus ihren Verbindungen aus.

Vitriolöl. Die Nordhäuser oder rauchende Schwefelsäure (Nordhäuser oder sächsisches Vitriolöl, weil sie aus Eisenvitriol dargestellt wird und eine öläahnliche Consistenz hat), ist eine gewöhnlich braungefärbte, ölartige Flüssigkeit, welche an feuchter Luft dichte feuchte Nebel ausstößt, hat ein specifisches Gewicht von 1,9 und ist eine Auflösung des ersten Hydrats im zweiten.

Englische Schwefelsäure. Die englische Schwefelsäure ist weniger bräunlich gefärbt oder wasserhell, gleichfalls von ölartiger Consistenz, raucht an der Luft nicht, hat ein specifisches Gewicht von 1,85, besteht blos aus dem zweiten Hydrat, findet wegen ihres geringeren Preises häufigere Anwendung und ist allemal gemeint, wo es blos „concentrirte Schwefelsäure“ heißt, während die vorige mit „rauchende Schwefelsäure“ bezeichnet wird. Die schwefelsauren Salze heißen **Sulphate.**

Erkennung der Schwefelsäure. Man erkennt die Schwefelsäure im freien oder gebundenen Zustande (als Salz) in Flüssigkeiten, indem man dieselben mit einigen Tropfen eines auflöslichen Barytsalzes (Chlorbaryum oder salpetersaurem Baryt) zersetzt. Ob aber wirklich die Trübung von Schwefelsäure herrührt, wird erst dadurch gewiß, daß sie nicht durch Salpetersäure verschwindet. Ist die Schwefelsäure im freien Zustande vorhanden, so läßt auch noch bei ziemlich großer Verdünnung ein Tropfen der Flüssigkeit mit etwas Zucker im Wasserbad verdampft, unter Entwickelung schwefligsaurer Dämpfe einen schwarzen kohligen Rückstand, während derselbe bei Abwesenheit freier oder bloßer Gegenwart gebundener Schwefelsäure höchstens bräunlichgelb gefärbt erscheint. Ohne Wasserbad (über freiem Feuer) tritt natürlich auch ohne Schwefelsäure Verkohlung ein.

Anwendung. Die Schwefelsäure wird in der Chemie wegen ihrer starken Verwandtschaft zu Basen zur Zersetzung vieler Verbindungen, zur Darstellung der Säuren, ferner als Reagens besonders auf Baryt- und Bleisalze, wegen ihrer Eigenschaft, Wasser aus der Luft anzuziehen, zum Trocknen und Entwässern benutzt, und um die Lösungen zerfließlicher oder an der Luft zersetzbarer Salze zur Krystallisation zu bringen, indem man ein Gefäß mit Schwefelsäure neben die zu entwässernde Substanz unter eine durch Bestreichen ihres Randes mit Fett luftdicht auf ihre Unterlage gesetzte Glasglocke bringt.

Schwefelwasserstoff. Eine Verbindung des Schwefels mit Wasserstoff bildet die **Schwefelwasserstoffsäure**, Hydrothionsäure, Hydrothion- oder Schwefelwasserstoffgas $\dot{H}$ (Schwefelleber- oder hepatische Luft, von Hepar sulphuris [Schwefelalkali], weil sie sich bei der Zersetzung derselben durch

Säuren entwickelt). Sie kommt im Wasser aufgelöst in den sogenannten **Schwefelquellen (hepatischen Wässern)**, wie Burtscheid, Weilbach vor, bildet sich häufig bei der Fäulniß thierischer Substanzen und wird erhalten durch Zersetzung von Schwefeleisen oder Schwefelalkalien durch Schwefelsäure ($\acute{\mathrm{Fe}} + \ddot{\mathrm{S}}\dot{\mathrm{H}} + x\dot{\mathrm{H}} = \dot{\mathrm{Fe}}\ddot{\mathrm{S}} + 6\dot{\mathrm{H}} + y\dot{\mathrm{H}} + \acute{\mathrm{H}}$).

Sie ist ein farbloses, nach faulen Eiern riechendes, unbeständiges Gas von 1,2 specifischem Gewicht und saurer Reaction, welches beim Einathmen in größerer Menge tödtlich wirkt und sich unter einem Drucke von 17 Atmosphären zur farblosen Flüssigkeit verdichtet. An der Luft entzündet verbrennt es zu schwefliger Säure und Wasser, bei gleichzeitiger Gegenwart von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft explodirt es heftig. Salpetersäure und Chlor zersetzen es durch Entziehung von Wasserstoff und Abscheidung von Schwefel. Wasser löst das $2\frac{1}{2}$fache, Alkohol das 6fache seines Volumens Gas auf. Die Auflösung setzt bei Berührung mit Luft allmälig einen weißen pulverigen Niederschlag von schwefelwasserstoffhaltigem Schwefel ab, eben so beim Einleiten von Chlorgas; durch Kochen wird das Gas ausgetrieben. Der Schwefelwasserstoff bildet mit Metalloxyden Schwefelmetalle und Wasser.

Ausmittelung des Schwefelwasserstoffs.

Um Schwefelwasserstoff in einem Gase oder einer Flüssigkeit zu erkennen, bringt man dieselben mit essigsaurer Bleioxydauflösung oder damit befeuchtetem Papier zusammen, wo sich noch bei einer Spur desselben schwarzes Schwefelblei bildet.

Man benutzt das Schwefelwasserstoffgas in der Chemie zur Abscheidung der Schwermetalle aus ihren Auflösungen als unlösliche Schwefelmetalle und als Reagens auf dieselben. Auf die Vegetation scheint das Schwefelwasserstoffgas wohlthätig einzuwirken, da man an Schwefelquellen eine sehr üppige Vegetation findet, und die Wirkung des Gypses gründet sich nach Hermbstädt darauf, daß im Boden Schwefelcalcium daraus entsteht, welches dann Schwefelwasserstoff entwickelt, den die Pflanzen aufnehmen.

Schwefelkohlenstoff.

Mit Kohlenstoff bildet der Schwefel den **Schwefelkohlenstoff** oder **Schwefelalkohol** $\overset{\prime\prime}{\mathrm{C}}$, eine farblose, nach faulen Eiern riechende Flüssigkeit von 1,3 specifischem Gewicht, die sich nicht mit Wasser vermischen läßt, bei + 42° C. siedet, sich schon aus großer Entfernung durch brennende Körper entzündet, zu schwefliger Säure und Kohlensäure verbrennt und eines der besten Auflösungsmittel für Schwefel ist.

Das Selen

findet sich nur selten in der Natur und hat auch für die praktische Chemie keine Wichtigkeit.

Phosphor.

Lat. Phosphorus. Zeichen $\dot{\mathrm{P}}$. Atomgewicht 196,143. Äquivalent 392,286.

Vorkommen des Phosphors.

Er findet sich in den meisten Flüssigkeiten des Körpers der höheren Thierklassen und der meisten Pflanzen. Als Phosphorsäure an Kalk

gebunden bildet er den erdigen Bestandtheil der Knochen der höheren Thiere. Als phosphorsaure Kalk- und Bittererde kommt er in vielen Mineralien und Pflanzentheilen, als Phosphorwasserstoff in der Ausdünstung von Sümpfen vor.

Darstellung. Man bereitet den Phosphor, indem man eingetrocknete unreine Phosphorsäure mit Kohlenpulver — oder Knochenkohle mit Quarzpulver in einer irdenen Retorte einer starken Glühhitze aussetzt ($\dot{C}a_8 \ddot{\ddot{P}}_3 + 15\,C + 16\,\dddot{Si} = 8\,\dot{C}a\dddot{Si}_2 + 15\,\dot{C} + 6\,P$) und die entwickelten Dämpfe unter Wasser auffängt. Er wird dann unter heißem Wasser geschmolzen, in Glasröhren zu Stangen geformt, die man, um ihre Oxydation zu verhüten, unter Wasser aufbewahrt.

Eigenschaften. Der Phosphor bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine durchscheinende Masse, gewöhnlich von erbsengelber Farbe und krystallisirt in Rhombendodekaëdern. In ganz reinem Zustande ist er jedoch farblos und wasserhell, wird aber bald gelblich, später braun und trüb, indem sich braunrothes Phosphoroxyd zu bilden scheint. Durch dessen vollständige Oxydation zu Phosphorsäure, indem man ihn mit concentrirter mit Schwefelsäure versetzter Lösung von zweifachchromsaurem Kali schmilzt und dann schüttelt, wird er wieder hell wie Glas. Übrigens wird der Phosphor auch im luftleeren Raum und in sauerstofffreien Gasen roth. Man hält dies für eine allotropische Abänderung (vgl. S. 121). Eine andere entsteht, wenn man ihn bei Lichtabschluß längere Zeit unter Wasser aufbewahrt, er wird dann weiß und vollkommen undurchsichtig. Bisweilen wird er dunkelbraun, was nach Dupasquier von einem Arsenikgehalt herrührt und auf der Reduction von metallischem Arsenik beruht[1]).

Er hat ein specifisches Gewicht von 1,75, schneidet sich bei gewöhnlicher Luftwärme wie Wachs, ist bei 0° spröde, schmilzt bei 42° C., siedet bei 288° und verwandelt sich in einen farblosen Dampf (im sauerstofffreien Raume), er verdampft schon bei gewöhnlicher Temperatur etwas, stößt an der Luft weiße, nach Knoblauch riechende Dämpfe aus, indem sich der flüchtige Phosphor zu nicht flüchtiger pulverförmiger phosphoriger Säure verdichtet, diese Dämpfe leuchten im Dunkeln. Um ihn zu pulverisiren, wird er unter Wasser geschmolzen und bis zum Erkalten geschüttelt. Er löst sich in Wasser nicht, in Alkohol, Äther, fetten und flüchtigen Ölen wenig, in Steinöl, Schwefelphosphor, Chlorschwefel und Schwefelkohlenstoff aber leicht.

Durch Reiben oder Erhitzen bis 75° C. entzündet er sich an der Luft und verbrennt mit blendender, hellgelber Flamme und dichtem, weißem Rauch (Phosphorsäure), während er bei gewöhnlicher Temperatur unter Wasseranziehung zerfließt zu wässeriger phosphoriger Säure, welche allmälig in Phosphorsäure übergeht, weswegen er auch unter Wasser aufbewahrt werden muß, zugleich aber auch, wenn er nicht roth werden soll, vor dem Lichte geschützt.

---

1) Vgl. Dingler's polytechn. Journal. Bd. 94. 1844. S. 304.

Ausmittelung.

Man erkennt den Phosphor in Substanz oder in seinen Auflösungen an seinem Geruche nach Knoblauch oder faulen Fischen und dem Leuchten im Dunkeln. Er wird aus seiner Auflösung in Äther oder Weingeist als weißes Pulver gefällt, welches mit Salpetersäure gekocht, die Reactionen der Phosphorsäure ergibt.

Gebrauch.

Der Phosphor wird zur Darstellung reiner Phosphorsäure und zur Bereitung der Streichzündhölzer benutzt.

Sauerstoffverbindungen.

Von den vier Sauerstoffverbindungen des Phosphors: Phosphoroxyd, unterphosphorige Säure, phosphorige und Phosphorsäure ist letztere die wichtigste.

Phosphorsäure.

Die **Phosphorsäure** $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ findet sich an verschiedene Basen gebunden im Mineralreiche, so an Kalk im Apatit und Phosphorit, an Magnesia im Magnerit ꝛc. Man erhält sie wasserfrei durch Verbrennung des Phosphors, wasserhaltig durch Behandlung desselben mit kochender Salpetersäure, kalkhaltig durch Zersetzung der weißgebrannten Knochen (phosphorsaure Kalkerde) durch Schwefelsäure.

Vorkommen und Darstellung.

Sie bildet ein weißes Mehl, im geschmolzenen Zustande eine glasartige Masse, welche an der Luft zerfließt, löst sich in Wasser und Weingeist, röthet Lackmuspapier und schmeckt stark sauer. Die wässerige Auflösung hinterläßt beim Schmelzen und Abdampfen wasserhaltige Phosphorsäure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\dot{H}$, welche sich erst bei starker Rothglühhitze verflüchtigt. Die Phosphorsäure verbindet sich leicht mit Basen, und obgleich sie auf nassem Wege von der Schwefelsäure aus ihren Verbindungen abgeschieden wird, so ist sie auf trocknem Wege doch auch diese Säure auszutreiben im Stande vermöge ihrer Feuerbeständigkeit, während die Schwefelsäure entweicht. Ihr Sättigungsverhältniß ist je nach der Behandlung der Säure verschieden, wodurch sich drei verschiedene isomere Modificationen der Phosphorsäure ergeben. Man unterscheidet dieselben am gewöhnlichsten durch Vorsetzung von a, b, c.

Die drei isomeren Modificationen der Phosphorsäure.

Die a Phosphorsäure oder Metaphosphorsäure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\dot{H}$, im wasserfreien Zustande erhalten durch Verbrennen des Phosphors in trockner Luft und im wasserhaltigen durch Glühen der wasserhaltigen c Phosphorsäure, hat ein Sättigungsverhältniß wie 1 : 5, d. h. der Sauerstoff der Basis verhält sich zu dem der Säure = 1 : 5, es verbindet sich also z. B. 1 Atom Natron mit 1 Atom Säure zu neutralem Salz $\dot{Na}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$. Diese Modification der Phosphorsäure fällt Eiweißlösung und Barytwasser weiß und ihre alkalischen Salze schlagen aus salpetersaurem Silberoxyd weißes $\dot{Ag}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ nieder. In Wasser gelöst verwandelt sich die a Phosphorsäure allmälig in c Phosphorsäurehydrat.

Die b Phosphorsäure, Pyro- oder Paraphosphorsäure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\dot{H}_2$ entsteht durch Glühen von c phosphorsaurem Natron $\dot{Na}_2\dot{H} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 24\,\dot{H}$, wodurch $\dot{Na}_2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$, neutrales b phosphorsaures Natron zurückbleibt. Die Sättigungscapacität ist also hier = 2 : 5. Man fällt das $\dot{Na}_2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ durch essigsaures Bleioxyd und das phosphorsaure Bleioxyd durch Schwefelwasserstoff.

Die so erhaltene freie b Phosphorsäure fällt weder Eiweißlösung noch Barytwasser, das b phosphorsaure Natron fällt das Silber ($\dot{A}g_2\ddot{\ddot{P}}$) weiß. Die freie wässerige Säure verwandelt sich bald in c Phosphorsäurehydrat.

Die c Phosphorsäure oder die gewöhnliche Phosphorsäure $\ddot{\ddot{P}}\dot{H}_3$ erhält man durch Auflösen von Phosphor in verdünnter Salpetersäure und Abdestilliren des Überschusses von Salpetersäure. Ihr Sättigungsverhältniß ist = 3 : 5. Sie fällt wie die b Phosphorsäure weder Eiweißlösung noch Barytwasser, unterscheidet sich aber von derselben dadurch, daß ihre alkalischen Salze aus salpetersaurem Silberoxyd $\dot{A}g_3\ddot{\ddot{P}}$ fällen, welches eine eigelbe Farbe besitzt. Sie geht durch Erhitzen bis über + 200° C. in b Phosphorsäure, bis zum Glühen in a Phosphorsäure über.

Von den phosphorsauren Salzen, **Phosphaten**, sind nur die alkalischen in Wasser löslich.

Ausmittelung. Die Phosphorsäure erkennt man leicht an dem eigelben oder weißen Niederschlag, welchen das salpetersaure Silberoxyd in den Auflösungen ihrer alkalischen Salze, nicht aber in der freien Säure erzeugt, weshalb man erstere zuvor mit Alkali sättigt. Der eigelbe Niederschlag kann leicht mit Jodsilber, der weiße mit Chlorsilber verwechselt werden. Allein die Jodsalze geben mit Quecksilberoxydsalzen scharlachrothe, die Phosphate dagegen weiße Niederschläge und das Chlorsilber ist zwar wie das phosphorsaure Silberoxyd in Ammoniak, nicht aber wie dieses in Säuren löslich.

Anwendung. Man macht in der Chemie im Ganzen selten Gebrauch von der Phosphorsäure, etwa wo man bei Abscheidung schwächerer flüchtiger Säuren befürchten müßte, daß überschüssig angewendete Schwefelsäure durch ihre gleichzeitige Verflüchtigung bei der Destillation eine Verunreinigung der ersteren herbeiführen würde, oder bei organischen Verbindungen, welche durch Schwefelsäure bei höherer Temparatur leicht eine völlige Zersetzung erleiden könnten. Desto wichtiger sind ihre Verbindungen mit Alkalien und Erden als Bodenbestandtheile für die Vegetation.

Phosphorwasserstoff. Mit Wasserstoff bildet der Phosphor eine dem Ammoniak analoge Verbindung H_3P. Der **Phosphorwasserstoff** entwickelt sich bei der Fäulniß phosphorhaltiger organischer Körper, daher besonders aus Sümpfen, ist ein farbloses, nach faulen Fischen riechendes, permanentes Gas von 1,2 specifischem Gewicht, welches in zwei isomeren Modificationen vorkommt, wovon die eine an der Luft sich von selbst entzündet und mit blendendem Lichte zu Phosphorsäure und Wasser verbrennt, die andere aber erst durch brennende Körper entzündet wird und nur im Dunkeln einen leuchtenden Schein verbreitet. Die erstere erhält man durch Erhitzen von Phosphor mit Kalkhydrat, wobei ein Gemenge von phosphorsaurer und unterphosphorigsaurer Kalkerde zurückbleibt; die zweite durch Erhitzen von wasserhaltiger phosphoriger Säure, oder durch Kochen von Phosphor in einer Auflösung von Kali in Alkohol, wobei sich unterphosphorigsaures Kali bildet. Leitet man das nach einer dieser Darstellungsweisen erhaltene Gas in wasserfreies Zinnchlorid, so wird es absorbirt und durch Versetzen mit

Wasser als nicht selbstentzündliches, durch Ammoniak aber als selbstentzündliches Gas abgeschieden. Man kann also beliebig eine Modification in die andere umwandeln.

Irrlichter.

Die Irrlichter oder Irrwische, kleine Flämmchen, welche man in Sommernächten vorzüglich an feuchten Orten, wo thierische Körper verwesen, in sumpfigen Gegenden, feuchten Kirchhöfen und dergleichen wahrnimmt, wo sie auf und nieder, hin und her hüpfen, sich mit einander vereinigen und wieder trennen, hat man für eine Folge der Phosphorwasserstoffgasentwickelung an diesen Orten gehalten. Das Gas entwickelt sich in verschiedener Menge an verschiedenen Punkten und entzündet sich, sobald es die unteren, vorzüglich des Nachts durch die Pflanzen ausgehauchten Schichten von Kohlensäuregas überschritten hat. Wenn die Lichtentwickelung ununterbrochen zu sein scheint, so kommt dies daher, daß die Gasentwickelung ununterbrochen erfolgt und jedes verbrannte Theilchen gleich wieder durch ein anderes ersetzt wird. Durch Luftzug können solche Theilchen verschiedene Bewegung bekommen, sich heben, senken, trennen und vereinigen.

Was aber gegen diese Annahme spricht, ist, daß die Flamme des Phosphorwasserstoffs weit stärker leuchtet als die Irrlichter und bei diesen noch nicht der Geruch dieses Gases hat wahrgenommen werden können [1]). Vielleicht besteht das Gas der Irrlichter aus Sumpfgas, dem nur ein kleiner Theil selbstentzündlicher Phosphorwasserstoff beigemengt ist.

Bor oder Boron.

Zeichen B. Atomgewicht und Äquivalent 136,204.

Das Bor ist ein Element, welches einige Ähnlichkeit mit Kohlenstoff besitzt, aber in der Natur nur sparsam und zwar an Sauerstoff gebunden vorkommt und durch Zersetzung von Fluorborkalium mittelst Kalium und Ausziehen des entstandenen Fluorkaliums mit Wasser erhalten wird.

Es bildet ein grünlichbraunes, etwas in Wasser lösliches Pulver, $B\alpha$, das bei Luftabschluß geglüht zu einer dichten dunkeln, in Wasser unlöslichen Masse, $B\beta$ (vgl. S. 121 Allotropie), zusammenbackt, ohne zu schmelzen, bei Luftzutritt hingegen erhitzt zu Borsäure verbrennt.

Borsäure.

Die **Borsäure** oder **Boraxsäure** $\ddot{B}$ findet sich als **Sassolin** [2]) am Krater von Vulkanen, in einigen Seen aufgelöst, als **Tinkal** an Natron gebunden, auch an Bittererde und andern Basen im Mineralreich. Man erhält sie aus dem Tinkal oder Borax, indem man zu einer heiß gesättigten Auflösung desselben so viel Salzsäure setzt, daß Lackmuspapier stark roth davon wird, wo dann beim Abkühlen die schwer lösliche Borsäure herauskrystallisirt.

Eigenschaften.

Die Boraxsäure ist ein farbloses, durchsichtiges, beim Glühen schmelzendes, aber feuerbeständiges Glas, das durch Wasseraufnahme an der Luft sich trübt und endlich zerfällt. Sie löst sich in 33 Gewichtstheilen Wasser

1) Vgl. auch Leonhard's Taschenbuch f. Freunde d. Geologie. 2. Jahrg. S. 33.

2) Von Sasso bei Siena in Toskana, wo sie reichlich vorkommt.

auf und krystallisirt beim Verdunsten desselben in glänzenden Schuppen als $\ddot{B}\dot{H}_3$ mit 43,6 % Wasser. Sie löst sich auch in Alkohol, läßt sich mit den Dämpfen desselben verflüchtigen und färbt seine Flamme grün. Sie hat einen schwachen, kaum sauern Geschmack, die wässerige Lösung färbt Lackmus nur weinroth und die alkoholische das Curcumapigment sogar braun wie eine Basis. Auf nassem Wege ist sie eine sehr schwache Säure und kann selbst als Basis auftreten, wie z. B. im weinboraxsauren Kali ($\dot{K}\bar{T} + \ddot{B}\bar{T}$), hat daher nur wenig Verwandtschaft zu Basen und verbindet sich damit meist zu sauren Salzen, **Boraten**. In der Glühhitze treibt sie jedoch vermöge ihrer Feuerbeständigkeit selbst die stärksten Säuren aus, weshalb sie auch zu Löthrohrproben dient, um aus der Farbe der verglasten Borate die Schwermetalle zu erkennen.

Erkennung. Man erkennt die Borsäure vorzüglich an der grünen Flamme, womit ihre weingeistige Auflösung und besonders ein in dieselbe getauchter Baumwollendocht oder Papierstreifen brennt.

Kiesel.

Lat. Silicium. Zeichen Si. Atomgewicht und Äquivalent 277,312.

Der Kiesel kommt wie das Bor, womit er viele Ähnlichkeit hat, nur an Sauerstoff gebunden vor und wird auch — wie jenes aus Fluorborkalium — aus Fluorkieselkalium dargestellt.

Der Kiesel bildet ein dunkelbraunes Pulver, das an der Luft erhitzt mit Lebhaftigkeit zu Kieselsäure verbrennt, aber durch kein Mittel zu oxydiren ist, wenn es durch starke Erhitzung unter Luftabschluß zusammengesintert war. Die erstere Modification der Kieselsäure bezeichnet man mit Siα, die andere mit Siβ (vgl. Allotropie S. 121).

Kieselsäure. Die **Kieselsäure** $\dddot{Si}$ findet sich in der Natur am reinsten im Quarz (Bergkrystall), macht an Basen gebunden einen der Hauptbestandtheile der Erdrinde aus als Sand, Sandstein und Quarzfels, sie ist vorherrschend im Feldspath und Talk und nimmt nahe die Hälfte des Gemenges ein im Augit, in der Hornblende und im Glimmer, kommt aufgelöst in Mineralwässern und auch in gewöhnlichen Quellwässern vor und bildet ebenfalls einen Hauptbestandtheil der anorganischen Masse der Pflanzen, indem sie bei denselben die Stelle der Kalkerde des Thierkörpers zu vertreten scheint, ebenfalls zunehmend, je unvollkommener die Organisation wird. Struve erhielt beim Verbrennen unvollkommener Pflanzen, wie Equisetum, Spongia, ein Skelet von Kieselsäure, welches nach der Entfernung der anhängenden Salze durch Salzsäure noch die Gestalt der Pflanze repräsentirt [1]). Sie findet sich vorzüglich in großer Menge in der Oberhaut der Gräser, im Roggenhalm zu 6, beim Schilfrohr zu 50, beim Bambusrohr zu

---

1) Mehr hierüber vgl. im Journal für prakt. Chemie 5. S. 450—463 oder pharm. Centralbl. 1835. S. 907—908 aus der Abhandlung von Struve „de Silicia in plantis nonnullis."

70 Procent. Sie gibt der Oberfläche solcher Gewächse das Rauhe und ihren Kanten die Schärfe.

Darstellung.

Um die Kieselsäure für sich zu erhalten, sucht man reine Stücke von Bergkrystall aus, welcher fast ganz reine Kieselsäure ist, macht sie rothglühend und wirft sie dann ins Wasser, wo sie sich leicht pulverisiren lassen. Reiner erhält man sie durch Zusammenschmelzen von gleichen Theilen kohlensaurem Kali und Natron, welchen man so lange gepulverten Feuerstein oder ein anderes Kieselmineral zusetzt, als die Masse noch aufbraust. Man übergießt die erkaltete geschmolzene Masse mit durch Salzsäure angesäuertem Wasser, welches sowohl die Kieselsäure als das Alkali auflöst, filtrirt, trocknet ein, befeuchtet die trockene Masse mit concentrirter Salzsäure zur Auflösung vorhandenen Eisenoxyds und Thonerde und nach zwei Stunden mit heißem Wasser, so bleibt die Kieselsäure ungelöst, die man dann auf einem Filter sammelt, auswäscht, trocknet und glüht.

Eigenschaften.

Die so erhaltene Kieselsäure oder, wie sie auch heißt, **Kieselerde**, ist ein weißes, geschmackloses, rauh anzufühlendes, zwischen den Zähnen knirschendes, in Wasser und den gewöhnlichen Auflösungsmitteln ganz unlösliches Pulver von 2,20 specifischem Gewicht, welches auch im stärksten Gebläsefeuer vollkommen unschmelzbar ist, in der Flamme des Knallgasgebläses dagegen in kleinen Mengen zum farblosen, klaren Glase schmilzt. In der Natur kommt sie krystallisirt vor in sechsseitigen Säulen von 2,65 specifischem Gewicht, welche in sechsseitigen Pyramiden enden, wovon oft nur diese pyramidalen Zuspitzungen ausgebildet sind. Sie löst sich außer der Flußsäure in keiner Säure, aber allmälig in kochender concentrirter Kalilauge.

Die zwei isomeren Modificationen der Kieselsäure.

Außerdem gibt es aber auch noch eine Abänderung der Kieselsäure (b Kieselsäure $\dddot{\text{Si}}\beta$), welche in verdünnten Säuren und selbst in Wasser auflöslich ist, und die man auf die oben beschriebene Weise durch Zersetzung von kieselsaurem Alkali mittelst Säuren erhält. Sie hat in diesem Zustande ein gallertartiges Aussehen. Ihre Auflösung röthet Lackmus nicht und setzt beim Verdampfen der Auflösung die Kieselsäure als erdige Masse ab, welche keine Spur von Krystallisation zeigt und sich wieder vollständig in Wasser lösen kann. Hat man aber beim Eindampfen Schwefelsäure oder Salzsäure zur Lösung gesetzt, so ist die erhaltene Kieselsäure nicht mehr im Wasser auflöslich, sondern ist dadurch in die unlösliche Varietät (a Kieselsäure Siα) verwandelt worden. Die unlösliche Abänderung kann aber wieder durch Kochen mit ätzenden und selbst mit kohlensauren Alkalien in die lösliche verwandelt werden. Die Umwandlung geschieht ohne Kohlensäureentwickelung und man kann nach der Auflösung das Alkali vollständig mit einer Säure sättigen, ohne daß Kieselsäure niederfällt. Sie ist also im Wasser und nicht im kohlensauren Alkali gelöst.

Die auflösliche Kieselerde scheint in der Mineralienklasse der Zeolithe vorhanden zu sein, welche zugleich Wasser enthalten und wovon sich manche in verdünnter Salzsäure auflösen. Man kann die lösliche Kieselsäure aus

jedem kieselsauren Salze erhalten, wenn man dasselbe mit kohlensaurem Alkali glüht und die geglühte Masse dann in verdünnter Salzsäure auflöst. Die Auflösung gibt, wenn sie concentrirt wird, eine durchscheinende, sehr zähe Gallerte, die beim Trocknen rissig und dem arabischen Gummi ähnlich wird. Nach vollkommenem Austrocknen löst sie sich in Wasser und Säuren nicht wieder auf. Sie enthält etwas Wasser, was aber Berzelius nicht für Hydrat-, sondern für hygroskopisches Wasser hält. Nach Graham wäre es indeß doch nicht unmöglich, daß dieses Wasser die Verschiedenheit zwischen den zwei Varietäten der Kieselsäure bilde.

Kieselsaure Salze (Silicate). Die Kieselsäure zeigt auf nassem Wege nur schwache Verwandtschaft zu den Basen. Ihre Salze heißen **Silicate**. Die Auflösungen der alkalischen Salze werden sogar durch die Kohlensäure der Luft ziemlich schnell zersetzt, bei den unauflöslichen Verbindungen tritt unter Mitwirkung von Wasser diese Zersetzung, wenn auch langsamer ein; es beruht darauf die Verwitterung vieler Mineralien. Auf trockenem Wege treibt sie vermöge ihrer Feuerbeständigkeit die stärksten flüchtigen Säuren aus und verbindet sich dabei in sehr verschiedenen Verhältnissen mit den Metalloxyden.

Erkennung der Kieselsäure. Man erkennt die Kieselsäure in Auflösungen beim Abdampfen derselben an den angegebenen Eigenschaften. Aus den Auflösungen ihrer Salze wird sie von Säuren als gelatinöse Masse gefällt, welche mit Thonerde verwechselt werden könnte, unterscheidet sich aber davon, daß sie nicht wie die Thonerde von überschüssiger Säure, wohl aber in einer hinreichenden Menge Wasser löslich ist, während der Thonerdeniederschlag sich darin zwar auf einige Zeit vertheilt, aber bald wieder ablagert.

Anwendung der Kieselsäure. Die Kieselsäure wird in der Technik zur Bereitung der verschiedenen Glasmassen und Glasuren und als Zuschlag bei Hüttenprozessen benutzt. Für die Vegetation bildet sie einen der wichtigsten Bodenbestandtheile.

Die Salzbilder

oder **Haloide** heißen, wie bereits oben angegeben wurde, jene elektronegativen Stoffe, welche durch ihre Verbindung mit Metallen unmittelbar Salze **(Haloidsalze)** bilden, während die Sauerstoffsalze Verbindungen zweiter Ordnung sind. Sie verbinden sich unmittelbar nicht mit dem Sauerstoff, wohl aber mit dem Wasserstoff, womit sie starke Säuren bilden. Mit Oxyden erleiden diese Säuren eine gegenseitige Zersetzung, indem sich ihr Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Oxyds zu Wasser, der Salzbilder aber mit dem Metall zu einem Haloidsalze verbindet. Man rechnet hierher vier einfache Stoffe: Chlor, Brom, Jod und Fluor. Von den Zusammengesetzten ist besonders wichtig das Cyan.

Jedes Metall, das mehr als einen basischen Oxydationsgrad hat, bildet, wie schon angegeben wurde, auch ebenso viel Haloidsalze mit einem und demselben Salzbilder. Man bezeichnet die dem Oxydul entsprechende Verbindungsstufe mit der Endsilbe ür, die dem Oxyd entsprechende mit id, z. B. Eisenchlorür, Eisenchlorid, Jodür, Jodid ꝛc., während man den Metallen, welche nur eine basische Oxydationsstufe bilden, wie die der Alkalien,

alkalischen Erden und eigentlichen Erden, gewöhnlich den Namen des Salzbilders voraussetzt, wie Chlorkalium, Fluorcalcium. Basische Haloidsalze sind solche, worin ein Haloidsalz mit dem Oxyd seines Metalles, und saure, worin es mit der Wasserstoffsäure seines Salzbilders verbunden ist. Die den Hyperoxyden entsprechenden Haloidsalze werden gleichfalls durch Super oder Hyper bezeichnet, wie Antimonsuperchlorür und Superchlorid.

Chlor.

Zeichen Cl. Atomgewicht 221,640. Äquivalent 443,280.

Vorkommen des Chlors. Das Chlor kommt in der Natur nie frei vor, am häufigsten an Natrium gebunden im Kochsalz.

Darstellung. Man erhält es aus einem Gemenge von 4 Gewichtstheilen Chlornatrium oder Kochsalz, 3 Th. Manganhyperoxyd oder Braunstein und 6 Th. mit 7 Th. Wasser verdünnter englischer Schwefelsäure: $Na\bar{Cl}\ \ddot{M}n\ 2\dddot{S}\bar{H}\ 12\dot{\bar{H}} = \dot{Na}\dddot{S} + 10\dot{\bar{H}}\ \dot{Mn}\dddot{S} + 4\dot{\bar{H}}\ 2Cl$, oder durch Erhitzen von Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure mit Braunstein: $2\bar{H}\bar{Cl}\ \ddot{M}n\ x\bar{H} = Mn\bar{Cl} + \dot{\bar{H}}\ y\dot{\bar{H}}\ 2Cl$. Im Großen auch, indem man 1 Volumen Chlorwasserstoffgas mit 2 Volumen atmosphärischer Luft durch ein glühendes Rohr leitet [1]). Im Kleinen durch Übergießen von Chlorkalk (unterchlorigsaurem Kalk) mit Essig oder einer andern Säure.

Eigenschaften. Das Chlor ist ein blaßgrünlichgelbes (woher auch der Name von χλωρὸς gelblichgrün), eigenthümlich riechendes, unbeständiges Gas von 2,44 specifischem Gewicht. Es wird durch den Druck von 4 Atmosphären zur grünlichgelben Flüssigkeit verdichtet, wirkt beim Einathmen tödtlich, in geringer Menge schon nachtheilig, ist nicht brennbar und unterhält das Brennen organischer Körper nicht, obgleich manche Metalle, wie Antimon und Kupfer, darin mit Feuererscheinung zu Chloriden verbrennen. Wasser absorbirt davon mehr als das Doppelte seines Volumens, die Auflösung heißt **Chlorwasser.** Das Chlor verbindet sich aber allmälig mit dem Wasserstoff des Wassers zu Chlorwasserstoffsäure unter Entwickelung von Sauerstoff. Organische Farbstoffe, Geruch- und Ansteckungsstoffe werden vom Chlor zerstört, indem sich dieselben mit Chlor oder mit dem Sauerstoff des Wassers verbinden, während sich das Chlor des Wasserstoffs bemächtigt [2]). Es kann auf diese Weise auch auf anorganische Körper oxydirend wirken.

Die Verbindungen des Chlors mit Metallen, die **Chlorete,** s. bei den Salzen.

Erkennung. Das freie Chlor erkennt man leicht an seinem Geruch und an der Eigenschaft, Pflanzenfarben, z. B. Indigo, zu bleichen. Eine Auflösung

---

1) Chemical Gaz. 1845. Nr. 72. S. 439—440; pharm. Centralbl. 1846. S. 320.

2) Kane hält sich überzeugt, daß die bleichende Wirkung eine Folge durch Substitution entstehender farbloser Chlorverbindungen ist.

von Chlorbaryum in einer Lösung von schwefliger Säure gibt damit einen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt, indem der Sauerstoff des Wassers die schweflige Säure in Schwefelsäure verwandelt, der Wasserstoff aber ans freie Chlor tritt. In seinen Salzen erkennt man es daran, daß die Auflösungen derselben noch bei großer Verdünnung mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen käsigen Niederschlag (oder wenigstens anfangs eine weiße Trübung) bilden, welcher am Lichte durch Reduction des Silbers violett wird und in Salpetersäure nicht, wohl aber in Ammoniak auflöslich ist. Vor dem Löthrohre färben die Chloride auf Zusatz von mit Kupferoxyd versetztem Phosphorsalz die Flamme durch Bildung von Chlorkupfer blau.

Anwendung.

Man benutzt das Chlor zur Zerstörung von Farb-, Ansteckungs- und Geruchstoffen. So benutzt man es in der Chemie zur Zerstörung organischer Farbstoffe, wenn diese die Deutlichkeit gewisser Reactionen hindern, zur höheren Oxydation der Metalle (mittelst Wasserzersetzung), z. B. von Eisenoxydul und der schwefligen Säure, um sie mit Barytsalz als schwefelsauren Baryt zu fällen, zur Entdeckung des Jods 2c. Nach Humboldt befördert es die Keimung so sehr, daß man dadurch selbst ganz alte Samen zum Keimen bringt. In Chlorwasser erfolgte das Keimen von Kressensamen in 6—7 Stunden, in gewöhnlichem Wasser erst nach 36—38. In Ermangelung von Chlorwasser dient auch ein Teig von Braunstein, Wasser und Salzsäure.

Verbindungen des Chlors.

Mit dem Sauerstoff bildet das Chlor vier Säuren: die unterchlorige $\dot{Cl}$, chlorige $\dddot{Cl}$, Chlor- $\ddot{\ddot{Cl}}$ und Überchlorsäure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{\dddot{Cl}}$ und mit dem Wasserstoff die Chlorwasserstoffsäure, wovon besonders letztere von Wichtigkeit ist.

Chlorwasserstoff- oder Salzsäure. Vorkommen und Darstellung.

Die **Chlorwasserstoffsäure** oder **Salzsäure** HCl findet sich frei in vulkanischen Exhalationen und Gewässern und im Magensaft vieler Thiere. Man erhält sie durch Erwärmen von Chlornatrium oder Kochsalz mit Schwefelsäure: $NaCl\ 2\,\dddot{S}\dot{H} = \dot{Na}\dddot{S}_2 + \dot{H}\ HCl$. Nimmt man dazu nur 1 Atom Schwefelsäure, so bildet sich anfangs doppeltschwefelsaures Natron, dessen zweites Atom Schwefelsäure erst bei Glühtemperatur die andere Hälfte des Chlornatriums zersetzt, zuletzt wird auch schweflige Säure und Chlor entwickelt.

Eigenschaften.

Der Chlorwasserstoff HCl ist ein farbloses, stechend sauer riechendes, unbeständiges Gas von 1,25 specifischem Gewicht, welches sich durch einen Druck von 40 Atmosphären zur farblosen Flüssigkeit verdichtet, es ist nicht brennbar und raucht durch Wasserverdichtung an der Luft. Das Wasser verschluckt bei 0° C. 464 Volume des Gases und diese Auflösung ist unter dem Namen „Salzsäure" bekannt, insofern die Säure aus dem bekanntesten Salze, dem Kochsalz, dargestellt wird.

Die Salzsäure ist eine farblose, stechend riechende, sehr ätzend salzig sauer schmeckende, an der Luft rauchende Flüssigkeit von 1,21 specifischem Gewicht bei 0° C., wo sie 42 % Chlorwasserstoff enthält. Bei gewöhnlicher Temperatur hat sie 1,19 specifisches Gewicht, enthält nur 38 % Chlor-

wasserstoff und kocht bei + 60° C., wobei sie beständig an Chlorwasserstoff verliert und ihr Siedepunkt sich erhöht, bis bei + 110° C. eine Säure von 1,09 specifischem Gewicht und 19 % Chlorwasserstoffgehalt unverändert entweicht. Nur die unter der gewöhnlichen Temperatur dargestellte (in abgekühlter Vorlage aufgefangene) Säure raucht, nicht die verdünnte. Die Salzsäure röthet Lackmus sehr stark. Wenn sie rein ist, muß sie farblos sein, die käufliche hat eine gelbe Farbe, welche entweder von etwas Eisen, von organischen Substanzen oder von Chlor herrühren kann.

Erkennung. Man erkennt die Salzsäure auch noch bei großer Verdünnung daran, daß sie mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen, käsigen, in verdünnter Salpetersäure nicht, wohl aber in Ammoniak löslichen Niederschlag von Chlorsilber gibt, welcher sich zwar in concentrirter Salzsäure auflöst, aber bei einiger Verdünnung sogleich wieder erscheint. Dieser Niederschlag unterscheidet sich von einem ganz ähnlichen aus Cyansilber, daß letzterer am Lichte fast unverändert bleibt, während Chlorsilber sehr bald schwarz wird, auch läßt es sich in einem Porzellantiegel ohne Zersetzung zur hornartigen Masse schmelzen, während Cyansilber blos metallisches Silber zurückläßt. Übrigens unterscheidet sich die Salzsäure selbst von Cyanwasserstoffsäure schon ganz leicht dadurch, daß sie mit Braunstein (Manganhyperoxyd) Chlor entwickelt, also Indigotinctur entfärbt, und mit Salpetersäure versetzt Goldblättchen auflöst, ersteres jedoch nur im freien Zustande, im gebundenen müßte sie durch Schwefelsäure frei gemacht werden.

Um zu wissen, ob die erhaltene Reaction von freier Salzsäure oder von einem Chlorid herrührt, erwärmt man etwas von der Probe auf einem Uhrglase, das man mit einem andern Uhrglase bedeckt, nachdem man zuvor auf letzteres einen Tropfen salpetersaurer Silberoxydlösung angebracht hat. Man erhält dann — durch Verflüchtigung der freien Salzsäure — auf dem oberen Glase eine weiße Trübung von Chlorsilber.

Anwendung. Die Salzsäure findet sowohl in der Technik als in der Chemie sehr häufige Anwendung als Auflösungsmittel, da sie weniger oxydirend wirkt als Salpetersäure, im Überschusse angewendet sich leichter als diese wieder verdampfen läßt, mit allen basischen Erden leicht lösliche Verbindungen bildet, welche sich wegen ihrer Auflöslichkeit in Weingeist von andern nicht darin löslichen Verbindungen trennen lassen, und endlich auch, weil sie unter allen Säuren die billigste ist. Sie dient ferner als Reagens auf Ammoniak, mit dessen Dünsten ihre Dünste weiße Nebel bilden, und auf Silberoxyd- und Quecksilberoxydulsalze.

Königswasser. Ein farbloses Gemenge von Salpetersäure und Salzsäure, welches sich beim Erwärmen unter rothbrauner Färbung in Chlor, salpetrige Säure und Wasser zersetzt, heißt Königswasser, weil sich das Gold (früher der König der Metalle genannt) nur in diesem Säuregemenge auflöst, wirkt vermöge der salpetrigen Säure oxydirend und durch das Chlor auflösend auf Metalle, wie Gold und Platin, welche sich in keiner der beiden Säuren für sich auflösen würden.

Mit Stickstoff verbindet sich Chlor im Augenblicke seines Freiwerdens

aus einer Verbindung zu einer durch Erwärmung bis 100° C. äußerst heftig explodirenden Verbindung, Chlorstickstoff NCl_3, z. B. beim Einleiten von Chlorgas in Chlorammoniumlösung: $NH_4Cl + 12\,Cl = 4\,HCl + NCl_3$.

Die Chlormetalle f. bei den Metallsalzen.

Jod.

Zeichen I. Atomgewicht 782,785. Äquivalent 1565,570.

Das Jod findet sich nur in kleiner Menge in der Natur als Jodsilber und Quecksilber, im Weißbleierz von Catorce in Mexiko, in sehr kleiner Menge im schlesischen Zinkerze, als Jodkalium oder -Natrium im salpetersauren Natron von Chili, im Steinsalz von Hall in Tyrol, als Jodnatrium, -Calcium oder -Magnesium in mehreren Salzsoolen und Mineralwässern, in kaum nachweisbarer Menge im Meerwasser, in größerer in den darin lebenden Thieren und Pflanzen als Jodkalium, -Natrium, -Calcium oder -Magnesium (woraus man diese Salze am leichtesten durch Einäscherung erhält), auch in einigen fern vom Meere lebenden Pflanzen und Thieren, namentlich Süßwasserpflanzen und einer Agaveart [1]).

Man erhält es durch Destillation des Jodnatrium mit Schwefelsäure, wobei zuerst schwefelsaures Natron und Jodwasserstoffsäure ($NaI\,\dddot{S}\,\dot{H} = \dot{N}a\dddot{S}\,HI$), dann Wasser, schwefelige Säure und Jodgas ($HI\,\dddot{S} = \dot{H}\,\ddot{S}\,I$) entsteht.

Das Jod bildet bei gewöhnlicher Temperatur eisenschwarze metallglänzende Krystallschuppen von 5 specifischem Gewicht und einem eigenthümlichen, dem Chlor verwandten Geruch. Es verdunstet schon stark bei gewöhnlicher Temperatur, schmilzt bei 107° C. und siedet bei + 180° unter Verwandlung in ein schweres purpurviolettes Gas. Wasser löst nur etwa 1/7000 Gewichtstheil Jod mit braungelber Farbe auf, weit mehr dagegen Wasser, welches Salze gelöst enthält, noch mehr Weingeist und Äther. Organische Körper werden davon meist braun gefärbt, Stärkmehl aber dunkelblau. Letzteres gilt auch als das beste Reagens auf Jod. Noch ein Milliontheil Jod in einer Flüssigkeit kann dadurch erkannt werden, daß letztere von Stärkmehlauflösung blaßroth, bei größerem Gehalte tief indigbis schwarzblau gefärbt wird. Das Jod ist daher (als **Jodtinctur**, eine Auflösung von 1 Theil Jod in 16 Theilen Alkohol von 0,850 specifischem Gewicht) für die Chemie gleichfalls ein wichtiges Reactionsmittel auf

Erkennung.

1) Righini glaubt, daß Jod in Folge von vegetabilischen Zersetzungsprozessen aus den Chlormetallen gebildet werde. Er habe Jod in faulenden Blättern nachweisen können. Auch in dem trockenen Kraute von Adianthum capillus Veneris und Asplenium Trichomanes L. von den Bergen von Comasko habe er Jod gefunden, mochte er die Blätter längere Zeit maceriren oder einäschern. Journ. de Chim. méd. 1845. Dec. S. 645; pharm. Centralbl. 1846. S. 144. Nach Lassaigne enthält auch der Kalkstein, worauf die Varecpflanzen (deren Asche Jodverbindungen liefert) wachsen, durchaus kein Jod.

Stärkmehl. Cantu zeigte schon 1827, daß das Jod die Keimung der Samen noch mehr als das Chlor beschleunige. Sonst wird es nur in der Medicin, in der Technik fast nie gebraucht.

Verbindungen des Jods.

Mit Sauerstoff bildet das Jod ein Oxyd und eine Säure ($\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{I}}$), auch eine der Salzsäure ähnliche Wasserstoffsäure, Hydrojodsäure ($H\bar{I}$). Mit Stickstoff bildet es eine dem Chlorstickstoff ähnliche, nur noch gefährlichere Verbindung $N\bar{I}_3$, welche nicht blos trocken durch die leiseste Berührung, oft sogar von selbst, sondern auch unter Flüssigkeit bei stärkerer Berührung explodirt und unter Andern dadurch erhalten wird, daß man Jod mit Ammoniakflüssigkeit etwa ¼ Stunde in Berührung läßt. Es verbindet sich ferner mit Schwefel, Phosphor, Chlor und Brom und mit den meisten Metallen. Die letzteren Verbindungen heißen im Allgemeinen **Jodmetalle, Jodete**, und insbesondere die höheren Verbindungsstufen **Jodide** und die niederen **Jodüre**. Die Beschreibung derselben s. unten bei den Metallsalzen.

Brom.

Brom.

Ein dem Jod sehr ähnliches Haloid, welches sich hauptsächlich dadurch von demselben unterscheidet, daß es das Stärkmehl nicht blau, sondern pomeranzengelb färbt, ist das **Brom**. Es hat bis jetzt noch keine Anwendung gefunden und wird sie auch wegen seiner Seltenheit nicht leicht finden. Blenghini fand, daß auch das Brom die Keimung der Samen beschleunige, doch weniger als Jod.

Fluor.

Fluor.

Zeichen F. Atomgewicht 117,718. Äquivalent 235,435.

Es ist im freien Zustande unbekannt, da es, sobald es aus einer Verbindung ausgeschieden wird, sich sogleich mit der Substanz der angewendeten Gefäße verbindet. Gebunden kommt es am häufigsten im Mineralreiche vor und zwar an Calcium als Flußspath und an Aluminium im Topas.

Das Fluor verbindet sich nicht mit Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Kohlenstoff oder Stickstoff, wohl aber mit Wasserstoff zu

Fluorwasserstoffsäure oder **Flußsäure** $H\bar{F}$. Um sie darzustellen, erhitzt man gleiche Theile Fluorcalcium oder Flußspath und concentrirte Schwefelsäure in einer bleiernen Retorte und fängt die übergehende Säure in einer abgekühlten Blei- oder Platinvorlage auf ($Ca\bar{F}\ \dot{H}\dddot{S} = \dot{C}a\dddot{S}\ H\bar{F}$). Sie ist eine farblose Flüssigkeit, welche schon bei + 15° C. kocht, nicht gefriert, einen stechenden Geruch besitzt, auf der Haut äußerst schmerzhafte Eiterblasen hervorbringt, an der Luft raucht, Fernambuk gelb färbt, sich mit Wasser unter Wärmeentwickelung verbindet, Glas ätzt und mit den meisten Metallen, außer Gold, Platin und Blei, unter Wasserstoffentwickelung Fluormetalle bildet. Diese heißen im Allgemeinen **Fluorete** oder **Fluate**, insbesondere **Fluoride**, wenn sie den Oxyden, und **Fluorüre**, wenn sie den Oxydulen entsprechen. Die Beschreibung derselben s. unter den Salzen.

Erkennung des Fluors. Man erkennt das Fluor in seinen Salzen, wenn man etwas davon mit Schwefelsäure in einem reinen unten geschlossenen Glascylinder erhitzt, an welchem man nach dem Ausspülen mit Wasser über der Masse das Glas angegriffen, getrübt findet.

Kieselflußsäure. Wenn man bei der oben angegebenen Bereitung der Flußsäure Quarzsand oder Glas zusetzt, so erhält man statt Flußsäure Fluorkieselgas SiF_3, welches, wenn es in Wasser geleitet wird, dasselbe so zersetzt, daß sich die Kieselsäure abscheidet, während Kieselfluorwasserstoffsäure oder Kieselflußsäure $3\,HF + 2\,SiF_3$ gelöst bleibt. Diese wird von allen starken Basen in Kieselsäure und Fluormetalle zersetzt. Kommt aber nicht mehr Basis hinzu, als zur Sättigung der freien Säure hinreicht, so erhält man Doppelsalze von Fluormetallen und Fluorkiesel (Kieselfluormetalle), worin letzterer doppelt so viel Fluor enthält, als die ersteren, wie das Kieselfluorkalium $3\,KF + 2\,SiF_3$. Die Kieselfluormetalle sind theils in Wasser leicht löslich, theils so unlöslich, daß die Kieselflußsäure als Reagens benutzt wird. So gibt sie mit den neutralen Kali-, Natron-, Lithion- und Barytsalzen Niederschläge. Die der ersten drei sind so durchscheinend, daß man sie anfangs gar nicht bemerkt, sie machen nur die Flüssigkeit etwas irisirend. Der Barytniederschlag ist krystallinisch. Die Kieselflußsäure dient daher zur Darstellung mancher Säuren, z. B. der Chlorsäure aus Kalisalzen.

Cyan.

Cyan. Zeichen CN oder Cy. Atomgewicht 164,956. Äquivalent: 329,911.

Es kommt in der Natur nicht vor, man erhält es durch Erhitzen von Cyanquecksilber und häufig als Zersetzungsprodukt stickstoffhaltiger Körper, wenn sie bei höherer Temperatur mit starken Basen in Berührung kommen. Es ist ein farbloses, eigenthümlich stechend riechendes, irrespirables Gas von 1,8 specifischem Gewicht, welches sich bei — 18° C. oder unter vierfachem Atmosphärendrucke zur farblosen Flüssigkeit verdichtet. Entzündet brennt es mit bläulich purpurrother Flamme zu Kohlensäure unter Ausscheidung von Stickstoff. Obgleich es ein zusammengesetzter Körper ist, so sind doch seine Verbindungen denen der übrigen Salzbilder ganz analog.

Sauerstoffverbindungen. Das Cyan bildet mit Sauerstoff zwei isomere Modificationen: $\dot{Cy}$ die **Cyansäure** und **Knallsäure**, deren Verschiedenartigkeit sich aus ihren Salzen ergibt; sie können beide nicht direkt erzeugt werden. Die knallsauern Salze zersetzen sich sehr leicht, schon durch Druck mit heftiger Detonation. Das knallsaure Quecksilberoxyd oder Knallquecksilber $\dot{Hg}\,\dot{Cy}$, erhalten durch Erwärmen von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit Weingeist, wird mit Salpeter und Schwefel gemengt zum Füllen der Zündhütchen benutzt.

Cyanwasserstoff oder Blausäure. Der Cyanwasserstoff oder die Blausäure (so genannt, weil man in ihr das blaufärbende Princip des Berlinerblaues oder Eisencyanürcyanids erkannte) $H\,Cy$ wird mit einem ätherischem Öl aus gewissen Pflanzentheilen des Geschlechtes Amygdalus und Prunus,, wie aus den bittern Mandeln, den Pflaumen-, Kirsch- und auch den Äpfelkernen, den

Blättern und der Rinde des Faulbaums, den Blüthen des Schlehenstrauchs und überhaupt allen Pflanzensubstanzen, welche nach bitteren Mandeln riechen und schmecken, erhalten, ist aber dem größten Theile nach darin ursprünglich nicht enthalten, sondern entsteht erst bei der Destillation dieser Substanzen als Zersetzungsprodukt. Vgl. unter Amygdalin. Sie entsteht ferner durch Einwirkung schwacher Salpetersäure auf flüchtige Öle und Harze. Man erhält sie durch Destillation von Kaliumeisencyanür mit Phosphorsäure oder Zersetzung von Quecksilbercyanid mit Schwefelwasserstoff.

Sie ist eine farblose, nach bitteren Mandeln stark riechende, sehr flüchtige Flüssigkeit, die sich in allen Verhältnissen mit Wasser und Alkohol mischen läßt, sie röthet Lackmus schwach, zersetzt sich unter Einwirkung des Lichts in lösliches Cyanammonium und festen braunen Kohlenstickstoff, unter Einwirkung der Luft in dieselben Verbindungen nebst löslichem ameisensauren Ammoniak. Sie ist eines der stärksten Gifte und tödtet mit Blitzesschnelle. Man hat bis jetzt noch kein verlässiges Gegenmittel, gewöhnlich wendet man Ammoniak innerlich und kalte Begießungen auf den Kopf an.

Ausmittelung

Um die schon vorhandene oder durch Zersetzung von Cyaniden mittelst Schwefelsäure ꝛc. erhaltene Blausäure zu ermitteln, verwandelt man sie durch Zusatz von Ätzkali in Cyankalium und bringt dies mit einem Eisenoxydoxydulsalz oder Eisenchloridchlorür zusammen und fügt dann zur Sättigung des überschüssigen Kalis noch etwas Säure zu, so erhält man einen dunkelblauen Niederschlag von Eisencyanürcyanid oder Berlinerblau. Um zu wissen, ob diese Reaction nicht von einem auflöslichen Cyanid, z. B. Cyankalium, herrührt, erwärmt man eine Probe davon auf einem Uhrglase, welches man mit einem andern bedeckt, worauf man einen Tropfen salpetersaure Silberoxydlösung angebracht hat. Es entsteht dann blos durch Verdunstung der freien Säure eine weiße Trübung von Cyansilber.

Cyanmetalle.

Das Cyan bildet mit allen Leicht- und Schwermetallen, das Aluminium etwa ausgenommen, wenn auch nicht immer einfache, doch wenigstens Doppelsalze. Diese Verbindungen heißen im Allgemeinen **Cyanmetalle** oder **Cyanete**, insbesondere aber die den Oxyden entsprechenden **Cyanide**, die den Oxydulen entsprechenden **Cyanüre**. Die Beschreibung derselben s. unter den Salzen.

Metalle.

Vorkommen der Metalle.

Von den bis jetzt genauer bekannten 47 Metallen findet sich in der Natur etwa nur der vierte Theil, nämlich Eisen, Blei, Wismuth, Kupfer, Quecksilber, Silber, Platin, Iridium, Palladium, Gold, Tellur, Antimon und Arsenik[1]), im freien Zustande, **gediegen** (Metallum nativum, zum Unterschiede von **regulinischem Metall**, **Metallkönig**, Regulus metalli, ein durch Kunst im freien Zustande hergestelltes Metall). Die übrigen erscheinen ausschließlich in mehr oder weniger zusammengesetzten Verbindungen,

---

1) Über das Vorkommen des Zinns und Titans im freien Zustande vgl. Leonhardt's Taschenbuch f. Freunde d. Geologie. 2. Jahrg. S. 30.

wovon die zur **Darstellung** der Metalle geeigneten und ergiebigen **Erze** heißen. Obgleich die Metalle auch im Thier- und Pflanzenreiche vorkommen, so gehören sie doch vorzugsweise dem Mineralreiche an. Am häufigsten finden sich noch in organischen Körpern die Metalle des Kali, Natron, der Kalk- und Bittererde, in weit geringerer Menge das Eisen und blos als Spuren das Kupfer.

Darstellung der Metalle.

Die Darstellung der Metalle im freien Zustande oder die **Reduction** derselben aus ihren Verbindungen ist sehr verschieden je nach ihren Eigenschaften und den damit verbundenen Stoffen. Die meisten werden aus ihren Sauerstoffverbindungen (Oxyden) und ihren Verbindungen mit Schwefel dargestellt, da diese am häufigsten in der Natur vorkommen. Die Darstellung geschieht gewöhnlich auf **trockenem** Wege durch Erhitzen, mit mehr elektropositiven Metallen, mit Kohle, welche sich dadurch in Kohlenoxydgas, Wasserstoffgas, welches sich in Wasser, oder Cyankalium, welches sich in cyansaures Kali verwandelt [1]). Um das Zusammenschmelzen der reducirten Metalltheilchen zu befördern, setzt man leicht schmelzende Substanzen (**Fluß**), wie reines Glas, Flußspath, Borax zu. Bei der Reduction mit Wasserstoff geschieht dies nicht, weil derselbe besser einwirkt, wenn die Masse porös ist, und Cyankalium macht es unnöthig, da es selbst sehr leicht flüssig ist. Bei denen, welche sehr geringe Verwandtschaft zu elektronegativen Elementen haben, wie Gold, Platin, reicht schon bloßes Glühen für sich hin.

Selten (wenigstens im Großen), wie beim Kupfer, benutzt man zur Reduction den **nassen** Weg, sehr häufig aber bedient man sich des letzteren bei **analytischen** Arbeiten, zur Nachweisung von Kupfer, Quecksilber, Arsenik, Antimon ꝛc. Es wird hierzu ein zweites, reguliniſches Metall erfordert, welches größere Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, als das zu reducirende. Gewöhnlich bedient man sich dazu des Zinks und Eisens. Sie werden dabei krystallinisch in dendritischer Gruppirung ausgeschieden (**Silber- und Bleibäume**), oder wenn die Zersetzung sehr langsam geschieht, auch in ganzen Stücken von festem Zusammenhang.

Mit einigen Ausnahmen (für manche ihrer Verbindungen) vermag in nachstehender Ordnung das voranstehende Metall immer das nachfolgende zu reduciren: Zink, Mangan, Nickel, Kobalt, Uran, Eisen, Blei, Zinn, Kupfer, Wismuth, Antimon, Arsenik, Quecksilber, Silber, Gold, Platin. Das gelöste Metall tritt nämlich dem in die Lösung gebrachten seinen Sauerstoff nebst seiner Säure, oder sein Chlor, Jod ꝛc. [2]) ab.

---

1) Die Reduction durch Kohle kommt zwar weit billiger als die mittelst Wasserstoff und Cyankalium, führt aber eine Verunreinigung durch Bildung von Kohlenstoffmetall herbei.

2) Über die Reduction der Metalle auf nassem Wege vgl. auch Fischer im Arch. der Pharm. 11. S. 120—127; pharm. Centralbl. 1837. S 788—791, Levol, Ann. de chim. et de phys. 1837. Juill. S. 285—290; pharm. Centralbl. 1838. S. 108—109 und Poumarède, Journ. de Pharm. Nov. 1846; Dingler's polytechn. Journ. 103. 1847. S. 465.

Eigenschaften der Metalle.

Die Metalle zeichnen sich durch nachstehende Eigenschaften vor den Nichtmetallen aus. Doch kommt ihnen fast keine einzige dieser Eigenschaften ausschließlich oder durchgehends zu, höchstens mit Ausnahme ihrer Fähigkeit, mit dem Sauerstoff Basen zu bilden, so daß man immer mehrere derselben zusammennehmen muß, um ein Metall von einem Nichtmetall zu unterscheiden.

Undurchsichtigkeit.

Die Metalle sind sowohl im flüssigen, als im festen Zustande vollkommen undurchsichtig. Ein Silberblatt von $^1/_{100000}$ Linie Dicke läßt nicht einen einzigen Lichtstrahl durch. Doch ist diese Eigenschaft nicht absolut, denn ein $^1/_{2000}$ Zoll dickes Goldblatt erscheint, gegen das Licht gehalten, blau, eben so Kupfer, fein zertheiltes Silber, Quecksilber[1]) ꝛc., sie lassen also die blauen Lichtstrahlen durch. Übrigens könnte dieser Lichtdurchgang auch von einer großen Zahl feiner Spalten und Poren herrühren. Aber Titan ist auch in stärkeren Schichten, an den Kanten seiner Krystalle, durchsichtig, und wie viele andere Körper sind nicht auch undurchsichtig, ohne Metalle zu seyn?

Glanz.

Vermöge ihrer Undurchsichtigkeit werfen die Metalle das Licht von ihrer Oberfläche vollkommener zurück, als andere Körper und zeigen dadurch einen eigenthümlichen Glanz, den sogenannten **Metallglanz.** Den größten Glanz hat Platin, dann folgt Stahl, Silber, Quecksilber, Gold, Kupfer, Zinn und Blei. Doch kommt diese Eigenschaft noch vielen anderen Körpern zu, welche eine glatte Oberfläche mit Dichtigkeit und Undurchsichtigkeit verbinden. So zeigen außerdem noch Selen, Jod, Graphit einen grauen Metallglanz; einen weißen manche Thierkohle, einen weißen oder gelben Glimmer und die Schuppen der Fische und mancher Schmetterlinge, einen grünlichgelben Safflor- und Fernambukroth, einen kupferrothen Indigo, einen grünen, blauen oder rothen die Bedeckungen vieler Käfer und Mücken, ohne eine Spur regulinischer Metalle zu enthalten. Auch viele chemischen Verbindungen der Metalle mit anderen nicht metallischen Stoffen zeigen diesen Metallglanz, obgleich ihnen alle übrigen Eigenschaften eines Metalls völlig abgehen. Manganhyperoxyd, Eisenglimmer (Eisenoxyd), Blei-, Antimon- und Molybdänglanz (Schwefelverbindungen) zeigen einen grauen, Anderthalbschwefelwismuth einen weißen, Schwefelkies (Schwefeleisen), Kupferkies und Musivgold (Schwefelzinn), Chlornickel einen messing- bis goldgelben, auch Wolframoxydnatron einen goldgelben, Eisencyanürcyanid und Wolframoxyd einen kupferrothen Metallglanz ꝛc. Man kann endlich den Metallglanz selbst willkürlich auf der Oberfläche des gewöhnlichen Glases hervorbringen, wenn man es in Verhältnisse bringt, in welchen es alle auffallenden Lichtstrahlen reflectirt. Hält man z. B. einen leeren, d. h. blos mit Luft gefüllten, unten geschlossenen Glascylinder schief in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so daß auffallende

1) Vgl. Dupasquier Journ. de Pharm. et de Chim. 5. Ann. 10. S. 20—26 und Melsens l'Institut. Nr. 605. S. 279; pharm. Centralbl. 1846. S. 655 u. 608.

Lichtstrahlen denselben unter einem größeren Winkel, als 48° 35′ treffen, so erscheint derselbe wie mit Quecksilber gefüllt.

Farbe.

Die Farbe der Metalle ist verschieden, doch meistens grau oder weiß. Eisen, Mangan, Tantal, Wolfram, Arsenik und die Metalle der (eigentlichen) Erden bis auf Aluminium haben eine graue, Blei, Zink, Osmium und Palladium eine bläuliche, Kobalt eine röthlichgraue, Wismuth eine röthlichweiße, Gold eine gelbe, Silber, Quecksilber, Platin, Iridium, Rhodium, Zinn, Cadmium, Nickel, Uran, Tellur, Antimon, Molybdän, Chrom, Vanadium und die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden nebst Aluminium eine weiße, Kupfer und Titan eine rothe Farbe.

Geruch und Geschmack.

Der Geruch, welchen die Metalle, namentlich beim Reiben, verbreiten, ist bei einigen viel auffallender, als bei anderen. Bei seiner Verflüchtigung in der Hitze entwickelt nur das Arsenik einen starken Geruch und zwar nach Knoblauch. Ohne Geschmack sind nur wenige, wie Silber, Gold, Platin. Der Geschmack des Kupfers, Eisens, Zinns und Bleis ist bekannt. Obgleich derselbe bei jedem Metalle verschieden ist, so hat er doch einen allgemeinen Charakter, er ist von einer rauhen Schärfe, stets unangenehm, schrumpfend, speichelziehend. Er spricht sich noch deutlicher in den Salzen aus.

Schwere.

Als das wichtigste Kennzeichen der Metalle galt ehedem die Schwere, da man vor der Zersetzung der Alkalien kein Metall kannte, welches nicht wenigstens sechsmal so schwer als Wasser war. Allein die Metalle der Alkalien sind weit leichter. Kalium und Natrium schwimmen auf dem Wasser.

Die specifischen Gewichte der Metalle lassen sich beiläufig durch nachstehende Zahlen ausdrücken: Kalium 0,86, Natrium 0,97, Baryum 4, Strontium 4—5, Titan 5,3, Chrom und Arsenik 5,9, Tellur 6, Antimon 6,7, Zinn und Zink 7, Eisen 7,8, Mangan 8, Cadmium, Kupfer, Kobalt, Nickel und Molybdän 8,6, Uran 9, Wismuth 9,8, Osmium 10, Silber 10,5, Rhodium 11, Blei und Palladium 11,3, Quecksilber 13,5, Wolfram 17,2, Gold 19,5, Platin und Iridium 21,5.

Leitungsfähigkeit für Elektricität.

Ferner sollte das Leitungsvermögen für Elektricität ein charakteristisches Merkmal für die Metalle abgeben; allein auch nichtmetallische Elemente besitzen diese Eigenschaft; so leitet der Kohlenstoff als Graphit und Kohle die Elektricität[1]), während sie manche Metalle, wie Zirkon, Aluminium, (pulveriges) Tantal und Tellur wenig oder fast gar nicht leiten. Pulverförmige Metalle leiten übrigens meistens die Elektricität weit schlechter. Doch übertreffen die meisten Metalle in ihrer Leitungsfähigkeit andere Körper im Allgemeinen so außerordentlich, daß z. B. ein

1) Jod ist nach Rieß (Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem. 64. 1845. S. 51) ein unvollkommener Leiter der Elektricität. Nach Solly dagegen (Lond. & Edinb. phil. Mag. 1836. S. 400—402; pharm. Centralbl. 1836. S. 384) leitet nur unreines Jod, reines aber nicht.

Wassercylinder von 1 Zoll Länge einen gleichen Widerstand leistet, wie ein eben so dicker Cylinder aus Eisen von 400 Millionen Zoll Länge. Sogar auch die Kohle leistet einen mehrere tausend Mal größern Widerstand, als Eisen oder Platin, die doch unter die schlechteren Elektricitätsleiter gehören. Nach Becquerel stehen die Metalle in dieser Beziehung in nachstehender absteigender Reihenfolge: Kupfer, Gold, Silber, Zink, Platin, Eisen, Zinn, Blei, Quecksilber, Kalium.

Magnetismus.

Einige Metalle können Magnetismus annehmen. Deutlich magnetisch werden nur Eisen, Kobalt und Nickel. Letzteres verliert seinen Magnetismus wieder bei einer Temperatur, wo Öl siedet, Eisen bei gelindem Rothglühen und Kobalt fast erst bei einer Temperatur, wo Kupfer schmilzt. Faraday schloß aus der bedeutenden Temperaturverschiedenheit, wo diese sonst so ähnlichen Metalle ihren Magnetismus verlieren, daß es bei den übrigen Metallen nur von der Temperatur abhänge, daß man bei ihnen keinen Magnetismus beobachtet hat. Spätere Versuche bestätigten dies [1]), es gelang ihm, auch noch bei andern Metallen Magnetismus nachzuweisen. Die magnetischen Metalle folgen sich in abnehmendem Verhältnisse in nachstehender Ordnung: Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Cer, Titan, Palladium, Platin und Osmium. Die übrigen Metalle nehmen diesen Versuchen zufolge keinen Magnetismus an. Die magnetischen Metalle behalten den Magnetismus mehr oder weniger auch in ihren Verbindungen mit anderen Stoffen, wie Sauerstoff, Schwefel und selbst in ihren Salzen bei. Das Eisenoxydoxydul ist sogar weit stärker magnetisch, als das Metall im freien Zustande.

Die katalytische Kraft.

Die Eigenschaft poröser Körper, Gasarten in ihren Zwischenräumen zu verdichten, findet sich in besonders hohem Grade bei mehreren Metallen, wenn man dieselben in höchst fein zertheilten Zustand versetzt. Diese höchst feine Pulverform erzielt man am leichtesten dadurch, daß man die Metalle auf nassem Wege reducirt (vgl. S. 146). Auf trockenem Wege gelingt dies auch bei sehr leicht reducirbaren Metallen, wie Platin, durch bloßes Glühen ihrer Oxyde oder Salze, bei schwerer reducirbaren muß man einen Strom Wasserstoffgas über das glühende Metall hinleiten.

Diese Eigenschaft ist bei manchen Metallen weit stärker, als bei allen übrigen oder bei andern porösen Körpern, so daß dieselben diese Anziehung von Gasarten, wenn auch in geringerem Maße, selbst noch als zusammenhängende Massen, als Draht oder Blech zeigen. Am kräftigsten wirkt Platin. Fast gleich kommen ihm Iridium und Osmium und, wenigstens ziemlich nahe, das Palladium und Rhodium. Weit schwächer äußern Gold, Silber und Kohle diese Wirkung.

Am genauesten sind die Wirkungen des Platins in dieser Beziehung untersucht worden. Wenn es im fein zertheilten Zustande, als sogenannter Platinschwamm, (den man durch Ausglühen des Chlorplatinammoniums als locker zusammenhängende Masse erhält), mit der Luft in Berührung

---

1) Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem. Bd. 69. 1846. S. 289.

kommt, so absorbirt es nur den Sauerstoff derselben und zwar in solcher Menge (sein 250faches Volumen), daß oxydirbare Substanzen, wenn sie damit zusammengebracht werden, sich nicht selten unter Feuererscheinung oxydiren. Letztere scheint aber weniger von dem Oxydationsprozesse, als davon herzurühren, daß in einer verhältnißmäßig kurzen Zeit eine sehr bedeutende Menge Sauerstoffgas verdichtet wird, indem der oxydirbare Körper dem Platin den kaum absorbirten Sauerstoff sogleich wieder entzieht. Denn wenn man letzterem durch gleichzeitiges Erwärmen und Auspumpen mit der Luftpumpe alles absorbirte Gas entzieht und dann Luft zutreten läßt, so kommt er durch die bloße Verdichtung von Sauerstoffgas ins Glühen.

Berzelius schreibt die Eigenschaft gewisser Metalle, auf solche Weise chemische Verbindungen und Zersetzungen zu vermitteln, wie schon S. 15 bemerkt wurde, einer eigenthümlichen Kraft zu, welche er katalytische Kraft nennt. Übrigens gehören die durch Platin vermittelten Prozesse zu denjenigen, welche auch durch eine erhöhte Temperatur eingeleitet werden, und es möchte wohl die Hauptveranlassung zu diesen Erscheinungen in der Erhitzung des Platins zu suchen sein, wenn dasselbe in einer gesteigerten Verdichtung von Flüssigkeiten begriffen ist, mögen Diese Luftarten oder tropfbare Flüssigkeiten sein.

Ein Beispiel von einer durch Platin vermittelten Verbindung ist die Vereinigung eines Gemenges von Wasserstoff- und Sauerstoffgas zu Wasser durch Hinzubringen von Platinschwamm, welche unter Licht- und Wärmeentwickelung erfolgt, ebenso die Oxydation der schwefeligen Säure zu Schwefelsäure, des Alkohols zu Essigsäure, des Holzgeistes zu Ameisensäure ꝛc., wobei das Platin gleichfalls ins Glühen kommt.

Auch auf solche Weise bewirkte Zersetzungen von Verbindungen lassen sich wie die erwähnten Oxydationen erklären, wie z. B. die Bildung von Ammoniak und Wasser aus einem Gemenge von Stickstoffoxyd- und Wasserstoffgas, von Cyanammonium aus einem Gemenge von Cyan- und Wasserstoffgas. Manche Zersetzungen erfolgen nur, wenn man bis zu einem gewissen Grade erwärmt. So gibt z. B. Weinsäure und Traubensäure, mit Platinschwamm gemengt, schon bei + 160° C. Kohlensäure und Wasser und zwar bei 250° in Verhältnissen, welche die vollständige Zusammensetzung der Weinsäure darstellen. Rohrzucker und andere Zuckerarten geben bei 140—150° Kohlensäure, Olivenöl bei 80—90° ꝛc. Doch wird Traubensäure und Citronensäure von Bimssteinpulver bereits früher und vollständiger zersetzt, als durch Platinschwamm. Oxalsäure, auf welche Platinschwamm und Bimsstein unwirksam sind, wird dagegen durch Kohle zersetzt, aber auf andere Weise, als durch Zersetzen für sich[1]).

Die Zersetzung von sehr lockeren Verbindungen, wie das Wasserstoffhyperoxyd, beruht offenbar auf Sauerstoffentziehung von Seite poröser

---

1) Vgl. Millon und Reiset, l'Institut Nr. 493; pharm. Centralbl. 1843. S. 525–526.

Körper. Sie wird nicht blos von Platin und Palladium, sondern auch von Gold, Silber, Quecksilber und deren Oxyden bewirkt.

Ein feiner bis + 50° C. erhitzter Platindraht vereinigt Gase mit einer Schnelligkeit, daß er bald glüht und die Gase entzündet, und nach Faraday bewirkt selbst kaltes Platinblech die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff, wenn auch nur langsam und ohne Feuererscheinung. Nach Jacobi[1]) vermag das Platinblech sogar Knallgas zu Wasser zu vereinigen, wenn es mit dem Gasgemenge gar nicht in unmittelbarer Berührung steht, sondern in einer absorbirenden Flüssigkeit, z. B. Wasser, untergetaucht ist, über welcher sich die Gase befinden.

Davy'sche Glühlampe.

Man benutzt daher den Platindraht zur Construction der **Davy'schen Glühlampe**, indem man mit demselben den Docht einer Weingeistlampe spiralförmig umwindet. Zündet man letzteren an und bläst ihn, sobald der Draht glüht, wieder aus, so glüht dieser so lange fort, als noch Weingeist vorhanden ist. Der Weingeist verbrennt durch die Erhitzung des Platins langsam, aber ohne Flamme. Nach Reinsch thun dies auch die Drähte anderer Metalle, wenigstens auf einige Zeit, wenn man eine Glasröhre darüber stürzt. Nach Böttger ist jedoch hier die Wirkung von einer Oxydschichte abzuleiten, da man durch Bestreuen des Dochtes mit verschiedenen Oxyden dasselbe bezweckt.

Leitungsfähigkeit für Wärme.

Wie im Allgemeinen die Körper die Wärme um so besser leiten, je dichter (specifisch schwerer) sie sind, so sind auch die Metalle unter allen Körpern die besten Wärmeleiter. Setzt man das Wärmeleitungsvermögen des Goldes = 1000, so ist nach Despretz das des Platins 981, des Silbers 973, des Kupfers 898, des Eisens 374, des Zinks 363, des Zinns 304, des Bleies 180, des Marmors 24, des Porzellans 12 2c.

Geschmeidigkeit und Sprödigkeit.

Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit kommen nicht allen Metallen zu. Man theilte früher die Metalle nach ihrer Geschmeidigkeit in vollkommene, d. h. schmiedbare, und in Halbmetalle, welche unter dem Hammer zerspringen. Man hat diese Benennungen gegen die Ausdrücke geschmeidige und spröde Metalle vertauscht. Vgl. S. 155. Die geschmeidigen zeichnen sich durch ihre Zähigkeit aus, d. h. es erfordert eine bedeutende Kraft, um sie zu zerreißen. Sie folgen sich nach der Zähigkeit in nachstehender abnehmender Ordnung: Eisen, Kupfer, Platin, Silber, Gold, Zinn, Zink, Blei. Antimon, Wismuth, Arsenik sind so spröde, daß man sie leicht zu Pulver stoßen kann. Die Geschmeidigkeit oder Sprödigkeit ist aber nicht blos bei verschiedenen Metallen, sondern auch bei einem und demselben bei verschiedenen Temperaturen verschieden. So ist das Zink kalt und sehr warm (über + 200° C.) so spröde, daß es von Hammerschlägen zertrümmert wird, zwischen + 100 und 150° aber so dehnbar, daß es sich hämmern, walzen und zu Draht ziehen läßt.

---

1) Froriep's neue Notizen 1847 S. 330 aus dem Monatsbericht der Berliner Akademie Nov. 1846.

Härte.

Noch mehr Verschiedenheit zeigen die Metalle rücksichtlich ihrer **Härte**. Es kommen bei ihnen fast alle Härtegrade vor. Der Stahl und das weiße Roheisen (Kohlenstoffverbindungen des Eisens) geben wenig anderen Körpern an Härte nach, das Iridium ist härter als Feldspath, läßt, mit dem Hammer geschlagen, Eindrücke auf dem stählernen Ambos zurück, Titankrystalle ritzen selbst Quarz; dagegen nimmt Blei Eindrücke vom Fingernagel an und Kalium ist weich wie Wachs.

Klang.

Mit der Härte der Metalle steht in der Regel die Elasticität in Zusammenhang, und je beträchtlicher beide sind, (also je mehr Theile auf einmal und je schneller dieselben schwingen), um so heller und stärker ist der **Klang**, den die Metalle beim Anschlagen von sich geben. Zinn, Zink und Cadmium lassen beim Biegen ein eigenthümliches **Knirschen** hören, welches man **Geschrei** nennt.

Schmelzbarkeit.

Alle Metalle können **geschmolzen** werden. Sie bleiben dabei sämmtlich unburchsichtig, aber sie erfordern zum Flüssigwerden so ungleiche Temperaturen, daß Quecksilber noch bei der größten Kälte flüssig ist, während Platin erst in der stärksten Hitze des Knallgasgebläses, oder im Focus der größten Brennspiegel schmilzt. Die meisten werden beim Schmelzen auf **einmal** flüssig, andere werden **allmälig** weicher, bevor sie flüssig werden, wie Kalium, Natrium, Eisen, Platin, Palladium. Letztere drei erhalten dadurch die Eigenschaft, daß sich zwei Stücke bei Weißglühhitze durch Hammerschläge zusammenkneten lassen, sind **schweißbar**. Stücke von Kalium lassen sich mit der Hand schon bei gewöhnlicher Temperatur zusammenkneten. Die Schmelzpunkte der Metalle ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

	Stoff	Schmelzpunkt
Schmelzbar unter der Rothglühhitze.	Quecksilber	— 38° C.
	(Eis)	0
	Kalium	+ 58
	(Gelbes Wachs)	61
	Natrium	90
	Legirung aus 4 Wismuth, 1 Blei und 1 Zinn	94
	(Schwefel)	111
	(Fichtenharz)	135
	Arsenik	unbekannt
	Zinn	230
	Wismuth	246
	(Bernstein)	280
	Blei	334
	Tellur, etwas schwerer schmelzbar als Blei	
	Zink	360
	Antimon	432
	Cadmium	455

Unschmelzbar unter der Rothglühhitze.

Stoff	Temperatur	Bemerkung	
(Glas)	900		
Bronze	900		
Silber	1000		
Messing	1015		
Magnesium	1050		
Kupfer	1050		
Weißes Gußeisen	1050		
Gold	1097		
Graues Gußeisen	1100		
Aluminium	1300		
Leichtflüssiger Stahl	1300		
Strengflüssiger Stahl	1400		
Kobalt	1400		
Hessische Schmelztiegel	1400	In der stärksten Hitze des Gebläseofens.	
Nickel	1600		
Schmiedeeisen	"		
Mangan	"		
Palladium	"	Vor dem Gebläse nicht zu Kugeln schmelzbar.	Vor dem Knallgasgebläse schmelzbar.
Molybdän	"		
Uran	"		
Wolfram	1700		
Chrom	"	Unschmelzbar vor dem Gebläse, aber schmelzbar vor dem Knallgasgebläse.	
Titan	"		
Cerium	"		
Osmium	"		
Rhodium	"		
Platin	2534		
Iridium	2700		
Tantal	"		

Von diesen Temperaturgraden haben jedoch nur die niedrigsten eine bestimmtere Geltung, da man für die höheren noch keine hinlänglich zuverlässigen Meßinstrumente (Pyrometer) besitzt.

Krystallform. Fast alle Metalle nehmen bei ihrem Übergange von der flüssigen in die feste Form Krystallgestalt an, und zwar um so leichter, je spröder die Metalle selbst sind und je langsamer sie erkalten. Im Gegentheil erkennt man daran blos ein blätteriges oder strahliges Gefüge (Textur). Die meisten Metalle, deren Krystallform man beobachtet hat, krystallisiren sowohl in Oktaëdern, als in Würfeln, wie Kalium, Eisen, Blei, Wismuth, Kupfer, Quecksilber (beim Gefrieren), Gold, Silber und Platin. Palladium erscheint in quadratischen Oktaëdern; Antimon, Arsenik und Tellur in Rhomboëdern.

Flüchtigkeit. Dieselbe Verschiedenheit, wie bei der Schmelztemperatur, herrscht auch in der Flüchtigkeit der Metalle. Die Verdunstung des Quecksilbers ist schon bei mittlerer Lufttemperatur bemerklich, findet jedoch unter — 6° C. nicht mehr statt; Arsenik verdunstet bei + 180° C., Kalium in der Roth-

glühhitze, auch Cadmium und Zink sind noch ziemlich leicht zu verflüchtigen, und Cadmium, Quecksilber, Arsen, Tellur, Natrium, Kalium und Zink lassen sich destilliren, während andere das heftigste Feuer zur Verflüchtigung erfordern, und Gold und Platin nur im Focus großer Brennspiegel etwas verdampfen [1]). Die meisten schmelzen, bevor sie sich verflüchtigen, einige gehen unmittelbar vom festen in den gasförmigen Zustand über, wie Arsenik.

Chemische Eigenschaften.

Kein Metall löst sich in den gewöhnlichen indifferenten Lösungsmitteln (Wasser, Weingeist, Äther, Öle ꝛc.) auf, und bei ihrer Auflösung in Säuren bleiben sie nicht unverändert, sie verbinden sich entweder mit Sauerstoff oder mit einem Bestandtheile der Säure. Nur Quecksilber löst sich als Dampf in Wasser, wenn es damit gekocht wird, und bleibt auch beim Erkalten darin gelöst, aber in so kleiner Menge, daß es lange dauerte, bis man es mit Bestimmtheit darin nachgewiesen hat, und Tellur löst sich ähnlich dem Schwefel und Selen, wie es scheint, ohne Oxydation in concentrirter Schwefelsäure und wird durch Zusatz von Wasser wieder metallisch daraus niedergeschlagen. In schmelzenden Metallen oder in Quecksilber lassen sich die festen Metalle zwar meist innerhalb gewisser Grenzen in beliebiger Menge auflösen, aber nicht ohne daß ein bestimmter Antheil des Gemenges eine chemische Verbindung bildet, welche sich an ihren veränderten Eigenschaften als solche zu erkennen gibt.

Noch kein Metall ist bis jetzt zerlegt worden, doch scheint ihre Zerlegung nicht außer den Grenzen der Möglichkeit zu liegen. Die Zersetzung des Ammoniums in Stickstoff und Wasserstoff ist der erste Schritt, welcher in dieser Beziehung gethan worden ist [2]). Sie gehen sämmtlich, sowohl mit den nichtmetallischen Elementen, als unter einander selbst Verbindungen ein, ob dies gleich nicht immer auf directem Wege geschieht, sondern häufig erst durch prädisponirende Verwandtschaft eingeleitet wird. Die Verwandtschaft der elektropositiven wird durch die elektrische Spannung, welche bei ihrer Berührung mit einem mehr elektronegativen Metalle entsteht, bedeutend erhöht und die der elektronegativen dadurch bis zur Indifferenz gemindert.

---

1) Laurent will auch Eisen, Kobalt und Nickel verflüchtigt haben (Compt. rend. 1837. 2me Sem. Nr. 18; pharm. Centralbl. 1838. S. 47).

2) Wenn man (nach Arfvedson) Uranoxyd oder Chloruranikalium mit Wasserstoff reducirt, so erhält man aus ersterem ein braunes, an der Luft mit Feuererscheinung zu Oxyd verbrennbares Pulver, aus letzterem metallglänzende Oktaëder, welche sich durch Kalium nicht weiter reduciren lassen und lange für einen einfachen Körper (Uranmetall) gehalten worden sind, bis endlich Peligot 1842 fand, daß das vermeintliche Metall das Suboxyd des wirklichen zuvor unbekannten Uranmetalls ist. Man erhält dasselbe nämlich blos durch Behandlung des auch erst von Peligot entdeckten Chlorürs mit Kalium, welches jenem Oxydul analog ist, was man zuvor für Metall hielt. Vgl. Poggendorff's Ann. 55. S. 229—236 und Ann. de Chim. et de Phys. 1842. V. Juin. S. 169—187 oder pharm. Centralbl. 1842. S. 321—329 u. 847—857.

Auf ihr Verhalten zum Sauerstoff läßt sich eine Eintheilung der Metalle in zwei Abtheilungen gründen; denn obgleich man sie gewöhnlich nach ihrem specifischen Gewicht in Leicht- und Schwermetalle theilt, so fällt doch ihr charakteristischer Unterschied, in Beziehung zum Sauerstoff, mit letzterer Eintheilung zusammen:

Eintheilung der Metalle.

Unter **Leichtmetallen** versteht man diejenigen, deren specifisches Gewicht das des Wassers nicht fünfmal übersteigt. Sie zeichnen sich durch ihre große Verwandtschaft zum Sauerstoff aus, sie oxydiren sich daher sehr leicht, halten den Sauerstoff äußerst fest gebunden und kommen daher auch in der Natur nur in Verbindungen und zwar gewöhnlich mit Sauerstoff vor. Man hat dieselben nach der Löslichkeit ihrer Oxyde eingetheilt in die Metalle oder Radikale der **Alkalien**, welche sich in Wasser leicht, in die der **alkalischen Erden**, welche sich in Wasser schwer, und in die der **Erden**, welche sich in Wasser gar nicht lösen.

Leichtmetalle.

Schwermetalle hat man diejenigen genannt, welche über fünfmal so schwer als Wasser sind und mit Sauerstoff verbunden, denselben nicht fester zurückhalten, als daß sie durch Wasserstoff reducirbar sind. Die Schwermetalle theilt man zunächst in **edle** und **unedle** Metalle.

Schwermetalle.

Edle Metalle nennt man jene, deren Oxyde durch bloße Erhitzung den Sauerstoff fahren lassen und sich auch schwierig damit verbinden, daher ihren Glanz sehr unverändert erhalten: Gold, Platin, Silber, Palladium, Rhodium und Iridium. Alle übrigen zeigen ein entgegengesetztes Verhalten und heißen deshalb unedle Metalle. Das Quecksilber bildet den Übergang zu den edlen.

Die **unedlen Metalle** zerfallen in **geschmeidige, streck-** und **dehnbare** Metalle, früher **vollkommene Metalle** oder **Ganzmetalle** genannt, und in **spröde**, früher **Halbmetalle** genannt. Zu den ersteren gehören Quecksilber, Kupfer, Nickel, Eisen, Blei, Zinn, Cadmium und Zink, die übrigen zu den spröden. Die edlen Metalle sind geschmeidig.

Man theilt die Metalle ferner ein, je nachdem sich ihre Verbindungen vorzugsweise elektronegativ oder positiv verhalten, in elektronegative und elektropositive Metalle.

Elektronegative Metalle sind jene, deren Sauerstoffverbindungen eine größere Neigung haben, Säuren zu bilden, als Basen abzugeben. Sie sind Tellur, Arsenik, Chrom, Vanadium, Molybdän, Wolfram, Antimon, Tantal, Titan.

Die **elektropositiven Metalle** bilden vorzugsweise den elektropositiven Bestandtheil, die Basis der Salze: Gold, Osmium, Iridium, Platin, Rhodium, Palladium, Silber, Quecksilber, Uran, Kupfer, Wismuth, Zinn, Blei, Cadmium, Zink, Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Cerium, Lanthan, Didym.

Die Metalle nehmen den Sauerstoff entweder geradezu aus der Luft oder aus dem Wasser auf, oder erst unter Mitwirkung von Säuren, entweder aus diesen selbst, aus dem beigemengten Wasser oder aus der Luft.

Oxydation der Metalle im Wasser.

Nur diejenigen, welche die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, vermögen das Wasser ohne Mitwirkung einer Säure oder einer Basis zu zersetzen. Kalium zersetzt das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur und selbst Eis mit großer Heftigkeit unter Feuererscheinung, Natrium entzündet sich nur in warmem, oder wenn es nur mit sehr wenig Wasser auf einmal zusammenkommt, sonst erzeugt es blos eine lebhafte Wasserstoffgasentwickelung; auch Baryum, Strontium, Calcium, Beryllium und Yttrium zersetzen das Wasser mit Heftigkeit; Aluminium oxydirt sich nur in kochendem und die übrigen Leichtmetalle (Magnesium, Zirkonium und Thorium) für sich gar nicht in Wasser. Von den Schwermetallen zersetzt Mangan das Wasser fast eben so schnell, als die Leichtmetalle. Arsenik oxydirt sich auch im Wasser, aber nur langsam und unter Zutritt von Luft, im gepulverten Zustande dagegen kann es sich damit bis zum Entzünden erhitzen. Auch Blei vermag sich im Wasser zu oxydiren, scheinbar, wenn auch zugleich keine Luft vorhanden ist, nämlich nachdem das Wasser durch Auskochen von aller absorbirten Luft befreit worden ist, selbst in einer wohlverstopften Flasche. Es erfolgt aber keine Einwirkung, wenn man die Flasche noch warm in Quecksilber untertaucht. Ähnlich verhalten sich Zink und Eisen, sie werden im Wasser rostig, aber nur durch den Sauerstoff und die Kohlensäure der Luft, welche das Wasser im gewöhnlichen Zustande enthält. Mit Wasser befeuchtete Zinkspäne entwickeln nach einiger Zeit Wasserstoffgas unter Aufbrausen. Der Sauerstoff wird also hier, wie bei mehreren andern Metallen, Kupfer, Wismuth ꝛc. nicht aus dem Wasser aufgenommen, obgleich eine trockene Luft ohne Wasser keine Oxydation bewirkt. Beim Rothglühen oxydiren sich Blei, Zink, Eisen und wahrscheinlich auch noch andere Metalle leicht durch darüber geleitete Wasserdämpfe[1]). Auf nassem Wege zersetzen die meisten Schwermetalle das Wasser blos, wenn sie den positiven Leiter eines elektrischen Stroms bilden, oder unter Mitwirkung einer Säure, oder unter keiner Bedingung. Zink, Mangan, Uran und Eisen zersetzen es mit Lebhaftigkeit, langsamer und meist nur in etwas mehr concentrirter Säure Cadmium, Zinn, Kobalt und Nickel. Von den Leichtmetallen erfordern blos Magnesium, Zirkonium und Thorium die Mitwirkung einer Säure zur Wasserzersetzung. Die übrigen Metalle oxydiren sich auch unter Mitwirkung von Säuren nicht durch den Sauerstoff des Wassers.

Oxydation der Metalle an der Luft.

Langsamer, aber allgemeiner erfolgt die Oxydation der Metalle durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Kalium oxydirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur so schnell an der Luft, daß man beim Zerschneiden eines Stückes seinen Metallglanz nur einen Augenblick sehen kann. Natrium etwas später, auch Baryum, Strontium und Calcium überziehen sich ziemlich bald mit einer Haut von Oxyd; Magnesium und die Metalle

---

1) Vgl. Regnault über das Verhalten der Metalle und Schwefelmetalle zu Wasserdämpfen bei hohen Temperaturen in den Ann. de Chim et de Phys. Août 1836. S. 337—388; pharm. Centralbl. 1837. S. 65—72 u. 81—86.

der Erden dagegen bleiben bei gewöhnlicher Temperatur fast unverändert an der Luft. Mangan oxydirt sich fast so schnell, als die Alkalimetalle. Arsenik, Zink und Blei überziehen sich weit langsamer mit einer Haut von Suboxyd, es sind hierzu mehrere Monate erforderlich[1]). Die übrigen Metalle erleiden bei gewöhnlicher Temperatur in trockener Luft keine Oxydation und behalten ihren Metallglanz unverändert. Bei verhältnißmäßig erhöhter Temperatur werden jedoch alle Metalle oxydirt, mit Ausnahme von Gold, Platin, Silber, Palladium, Rhodium, Iridium, welche auch wegen dieser Unveränderlichkeit den Namen der edlen Metalle erhielten. Die zur Oxydation nöthige Temperatur ist verschieden. Die Metalle, welche niedrige Schmelzpunkte haben, wie Zinn, Wismuth, Blei, Zink (230, 246, 334 und 360° C.) bedecken sich beim Schmelzen mit Suboxyd, werden aber erst bei höherer Temperatur vollkommen oxydirt; Quecksilber oxydirt sich bei einer seinem Kochpunkte (360° C.) nahen Temperatur, wird aber beim Glühen wieder desoxydirt. Ebenso läuft Palladium beim Erhitzen an, wird aber bei höherer Temperatur wieder blank. Die Metalle, welche erst bei höherer Temperatur schmelzen, wie Eisen, Kupfer ꝛc., werden gewöhnlich noch weit unter ihrem Schmelzpunkte oxydirt; in der Regel aber ist wenigstens Glühhitze dazu nöthig. Zirkonium und Thorium oxydiren sich weit unter der Glühtemperatur, die übrigen Erdmetalle, nebst Magnesium, erst beim Glühen.

Anlaufen der Metalle.

Alle Metalle, welche sich durch Erhitzen oxydiren, verbrennen bei einer gewissen Temperatur mit Flamme oder unter Funkensprühen. Diese Temperatur ist um so niedriger, je oxydirbarer überhaupt ein Metall ist, es mag einen hohen oder niedrigen Schmelzpunkt haben. So entzündet sich Wolfram beim Rothglühen, Vanadin und Molybdän noch früher, Chrom schon wenig über einer Temperatur, bei welcher Papier verkohlt, während die sonst so leicht oxydirbaren Alkalimetalle dazu fast Glühhitze erfordern. Sehr schwer schmelzbare Metalle brauchen jedoch dazu eine sehr hohe Temperatur, wenn sie auch sonst ziemlich leicht oxydirbar sind. Eisen verbrennt erst bei Weißglühhitze, Nickel nur im Knallgasgebläse, beide mit Funkensprühen; auch Kobalt und Kupfer entzünden sich erst bei sehr hoher Temperatur, ersteres verbrennt mit rother, letzteres mit grüner Flamme. Mit farbiger Flamme verbrennen aber auch noch andere Metalle, Baryum und Molybdän mit gelbgrüner, Zink mit grünlich-, Wismuth, Blei, Zinn, Antimon, Arsenik und Quecksilber mit bläulichweißer, Tellur mit blauer, am Rande grüner Flamme, Kalium mit purpurvioletter, Strontium und Lithium mit karmoisinrother, Calcium mit ziegelrother, Natrium mit pomeranzengelber. Bei den übrigen Metallen zeigt die Flamme keine besondere Färbung.

Verbrennen derselben.

1) Vgl. auch Bonsdorff über die Oxydation der Metalle in der atmosphärischen Luft in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 41 S. 293—314 u. 42 S. 325—338; pharm. Centralbl. 1838. S. 67—76; Jahrb. f. pr. Pharm. 1838. 283 oder Buchner's Repert. f. d. Pharm. 2. Reihe. Bd. 20.

Rosten der Metalle.

Ebenso sehr, als eine hohe Temperatur, begünstigt aber auch die gleichzeitige Gegenwart von Wasser und Kohlensäure die Sauerstoffaufnahme der Metalle aus der atmosphärischen Luft. Es oxydiren sich daher auch mehrere derselben in feuchter Luft, welche in trockener Luft keine Veränderung erleiden. So bedecken sich darin Eisen und Kupfer in kurzer Zeit mit einer Schichte von Oxydhydrat (Rost), auch Wismuth läuft in feuchter Luft etwas an.

Oxydationen, welche in trockener Luft erfolgen, werden in der Regel durch die Kohlensäure derselben prädisponirt. Nach Bonsdorff's Versuchen oxydirt sich kein Metall, selbst Kalium und Mangan nicht, in vollkommen trockner, von Kohlensäure und andern fremden Einmengungen freier Luft. Der gewöhnliche Wassergehalt der Luft reicht zur Oxydation des Kalium und Natrium hin, während sich Mangan in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft erhält, wenn sie frei von Kohlensäure ist.

Metalle mit polirter Oberfläche oxydiren sich langsamer, als solche mit rauher (z. B. abgefeilter) Fläche und poröse Stellen allemal zuerst, weil die Luft an solchen porösen Flächen leichter haftet und sich daran verdichtet. Metalloxyde von lockerer Beschaffenheit, wie der Eisenrost, hindern die Verbreitung der Oxydation nach Innen nicht, so daß unter günstigen Umständen von dem Metalle bald nichts mehr übrig ist, als Oxyd. Häufiger bildet aber die Oxydschichte eine so dichte Masse, daß nur ein sehr dünnes Häutchen davon entstehen kann, welches dann das Metall durch Abhaltung von Luft und Wasser vollkommen vor weiterer Zerstörung schützt, wie am Blei, Zinn, Zink oder die dünne Oxydoxydulschichte, welche Eisen oder Stahl durch das Blauanlaufen im Feuer erhält. Das Eisen bekommt durch Bestreichen und Abreiben mit Antimonchlorür oder einem Gemenge von Eisenchlorid und Kupfervitriollösung einen sehr dünnen, aber so dichten Überzug von basischem Eisenchlorid (brunirtes Eisen), daß dadurch alles weitere Rosten des Eisens an feuchter Luft verhütet wird. Denselben Zweck hat das Bruniren oder Bronziren des Kupfers, wodurch man es mit einer cochenillerothen Schichte von Oxydul überzieht, welche so dünn ist, daß sie (wie die des blau angelaufenen Eisens) den Metallglanz des Kupfers durchscheinen läßt, aber dicht genug, um das Rosten des Metalls (Ansatz von Grünspan) zu verhindern. Man erhält sie durch Anstreichen desselben mit Eisenoxyd und Wasser und Glühen bis zu einem gewissen Grade, oder Kochen des Kupfers in sehr verdünnter Lösung von Grünspan und Salmiak [1]), oder von salpetersaurem Ammoniak und chlorsaurem Kali. Die braune Bronze der englischen Theemaschinen und Pulverflaschen erhält man, wenn man das Kupfer mit verdünnter Schwefelsäure ätzt, mit Weinessig abbrennt und dann polirt [2]).

1) Vgl. Berzelius, Lehrbuch der Chemie. 5. Aufl. II. 1844. S. 553. Anm.

2) Einen gleichen Schutz gegen Oxydation gewährt auch der stahl- oder platinartige Überzug, welchen das Kupfer durch Eintauchen in eine siedende Lösung von Schwefelantimonschwefelnatrium erhält. Böttger, Materialien zu Versuchen für chemische und physikalische Vorlesungen. Frankfurt a. M. 1846 und von da

Ähnlich wie zum Sauerstoff ist auch das Verhalten der Metalle zum Schwefel. Die Verwandtschaft zu demselben ist bei den meisten noch bedeutender, als zum Sauerstoff. Die meisten Oxyde werden durch Schwefelwasserstoff unter Bildung von Schwefelmetallen und Wasser zersetzt. Bei gewöhnlicher Temperatur, wo der Schwefel nur in festem Zustande vorkommt, verbinden sich jedoch nur wenige Metalle unmittelbar mit demselben, aber es gehören zu diesem mitunter gerade solche, welche, wie das Silber, nur sehr schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, während wieder andere elektronegative Metalle, wie Platin, Palladium, Rhodium weit weniger Verwandtschaft zum Schwefel besitzen. Silber und Kupfer zersetzen das Schwefelwasserstoffgas schon bei gewöhnlicher Temperatur, sie laufen von kleinen Mengen desselben in kurzer Zeit an, während weit leichter oxydirbare Metalle, wie Eisen viel weniger empfindlich dagegen sind. Die Schwefelverbindung bildet aber nur eine dünne Schichte auf dem Metall und schützt die innere Masse vor weiterem Angriff. Als sehr fein zertheiltes Pulver läßt sich im flüssigen Zustande das Quecksilber auch in Masse bei gewöhnlicher Temperatur durch anhaltendes Zusammenreiben damit in Verbindung bringen. Mit geschmolzenem Schwefel oder Schwefeldampf verbinden sich fast alle Metalle bei höherer Temperatur, namentlich in zerkleinerter Form, leicht und unter Feuererscheinung [1]).

Verhalten zum Schwefel,

Von den Haloiden, mit Ausnahme des Cyans, werden die Metalle noch weit leichter und schneller, als von Sauerstoff und Schwefel, bei gewöhnlicher Temperatur angegriffen. Fein zertheiltes Kupfer oder Tombak, z. B. unächtes Blattgold, verbindet sich so lebhaft mit Chlorgas, daß die dabei erzeugte Hitze die Verbrennung auf einem ziemlich dicken Kupfer-, Antimon- oder Wismuthdraht oder auf eine dünne Stahlfeder unter glänzendem Funkensprühen überträgt.

zu den Haloiden.

Von ganz besonderem Interesse ist das Verhalten der verschiedenen Säuren zu den Metallen. Man verwandelt dieselben durch die Einwirkung der Säuren in auflösliche Verbindungen, da gewöhnlich nur diese jene Reactionen liefern, an denen man ein fragliches Metall als solches erkennt; sie dienen ferner dazu, um gemengte Metalle zu scheiden, indem sich entweder nur das Eine in der Säure auflöst, während das Andere ungelöst zurückbleibt, oder indem sich das Eine aus der Auflösung niederschlagen läßt, während das Andere gelöst zurückbleibt. Oder man löst die Metalle in den verschiedenen Säuren, um die Salze dieser Säuren, oder durch Zersetzung derselben die Oxyde oder Schwefelverbindungen der aufgelösten Metalle, oder andere (z. B. unauflösliche) Salze dieser Metalle darzustellen. Die Säuren, welche die meisten Metalle in auflösliche Verbindungen verwandeln, sind Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und

Verhalten der Metalle zu anorganischen Säuren.

---

in mehreren technischen Journalen. — Über blaue und braune Eisenbronze s. illustrirte Gewerbezeitung 1847 S. 396.

1) Näheres über das Verhalten der Metalle zum Schwefel von Winkelblech vgl. in den Ann. der Pharm. 21. S. 34—40 oder pharm. Centralbl. 1837. S. 212—214.

das Gemenge beider letzteren, das Königswasser. Nur äußerst wenige Metalle sind in keiner dieser Säuren löslich und müssen dann in Fluorwasserstoffsäure oder einem Gemenge derselben, mit Salpetersäure, aufgelöst werden. Wo dadurch keine unauflöslichen Verbindungen entstehen und wo es nicht auf die Bildung eines bestimmten Salzes ankommt, wählt man von diesen Säuren die billigste, die Salzsäure, nach dieser die verdünnte oder nöthigenfalls die concentrirte Schwefelsäure, und wo keine von beiden hinreicht, die Salpetersäure, in welcher sich auch fast alle in den beiden vorigen löslichen Metalle auflösen. Die Leichtmetalle lösen sich meist in den schwächsten Säuren rasch auf, werden aber als solche zu Auflösungen nicht verwendet, da sie nur als Seltenheiten vorkommen, sondern blos ihre Verbindungen, ihre Oxyde.

Verhalten der Metalle zur Salzsäure,

In der Salzsäure lösen sich von den Schwermetallen die meisten der elektropositiven, mit Ausnahme von Osmium, Quecksilber, Kupfer und den edlen Metallen, von den elektronegativen aber blos Antimon beim Kochen unter Entwickelung von Wasserstoffgas. Die ersteren lösen sich leicht und schon bei gewöhnlicher Temperatur, nur Wismuth, Kobalt und Nickel langsam und Blei auch beim Kochen nicht sehr rasch. Sehr schwierig zersetzt Silber die Salzsäure. Sie verwandelt die Metalle gewöhnlich nur in Verbindungen mit einem Äquivalent Chlor, mögen sie auch auf andere Weise noch höhere Verbindungen mit demselben einzugehen im Stande sein.

zu verdünnter Schwefelsäure,

Die verdünnte Schwefelsäure löst so ziemlich dieselben Metalle auf, wie die Salzsäure. Nur Wismuth wird davon nicht aufgelöst und das Blei wird, indem sein Oxyd damit ein unauflösliches Salz bildet, blos oberflächlich davon angegriffen. Die dünne Haut von unlöslichem Sulphat schützt dann die übrige Metallmasse vor aller weiteren Einwirkung der Säure. Hat zugleich Luft Zutritt, so löst die verdünnte Schwefelsäure, jedoch nur sehr langsam, auch Kupfer und Silber auf. Bei der Oxydation der Metalle durch verdünnte Schwefelsäure nehmen sie in der Regel nicht mehr als ein Atom Sauerstoff auf, wenn sie auch unter andern Umständen höhere Oxydationsstufen zu bilden vermögen.

zu concentrirter Schwefelsäure,

Die concentrirte Schwefelsäure wirkt meist nur bei höherer Temperatur auf die Metalle ein unter Entwickelung von schwefeliger Säure, während sich die noch unzersetzte Schwefelsäure mit dem gebildeten Metalloxyd verbindet[1]. Man bedient sich ihrer daher weniger zur Auflösung der Metalle im Allgemeinen, als zur Darstellung der Sulphate derjenigen Metalle, welche das Wasser der verdünnten Schwefelsäure nicht zu zersetzen vermögen und unter Mitwirkung der Luft von der verdünnten Säure zu langsam gelöst werden, wie Kupfer, Silber, Quecksilber, Wismuth, Tellur, Antimon und Molybdän. Auch Blei löst sich in concentrirter Schwefelsäure auf, wird aber durch Wasser daraus wieder als unlösliches Sulphat gefällt, da sich dieses nur in concentrirter Schwefelsäure löst. Die

1) Über die Einwirkung concentrirter Schwefelsäure auf Metalle vgl. Maumené Compt. rend. 23 S. 515—517; pharm. Centralbl. 1847. S. 25—26.

leicht oxydirbaren Metalle zersetzen die concentrirte Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur nur äußerst langsam, und die edlen Metalle, mit Ausnahme des Silbers, auch beim Erhitzen nicht. Das Eisen löst sich auch beim Erhitzen kaum darin auf. Es wird zwar in derselben schon bei gewöhnlicher Temperatur oberflächlich in Sulphat verwandelt, aber dieses ist in der concentrirten Säure nicht löslich und eine sehr dünne Schichte desselben hindert die weitere Einwirkung der Säure. Beim Kochen reißt sich die Schichte los und die Säure trübt sich von weißem schwefelsaurem Eisenoxydul, doch erfolgt auch hier die Einwirkung nur schwierig. Leichter und auch schon etwas bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt die Auflösung des Zinks, weil sein Sulphat in concentrirter Schwefelsäure löslich ist. Ist die Schwefelsäure schwach verdünnt, so entwickelt das Eisen daraus Schwefelwasserstoffgas, indem bei gleichzeitiger Zersetzung von Schwefelsäure und Wasser die schweflige Säure durch Wasserstoff reducirt und dann in Schwefelwasserstoff verwandelt wird.

Das allgemeinste Oxydations- und Auflösungsmittel für die Metalle ist die Salpetersäure, nur wenige widerstehen ihr, die entweder überhaupt nur eine äußerst geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, wie Gold, Platin und Rhodium und nach dem Glühen Osmium und Iridium, ebenso jene, deren Oxyde sehr schwache Basen bilden, wie einige elektronegative Schwermetalle, Tantal und Titan und ein Erdmetall, das Zirkonium. Die Metalle, welche die Salzsäure und Schwefelsäure nur schwierig auflöst, werden von ihr mit Leichtigkeit gelöst. Nur das Thorium wird von Salzsäure leichter aufgelöst, als von Salpetersäure. Zinn und Antimon werden davon mit großer Heftigkeit oxydirt, aber die Salpetersäure läßt diese Oxyde ungelöst. Letzteres damit abgedampft und geglüht oxydirt sich zu antimoniger Säure. Arsenik löst sich in Salpetersäure als arsenige Säure, beim Erhitzen als Arseniksäure. Die Stärke der Säure, Anwendung von Wärme und gleichzeitige Gegenwart von salpetriger Säure beschleunigen die Einwirkung derselben beträchtlich [1]). Doch kann zu hohe Concentration der Salpetersäure sowohl, als eine größere Menge salpetriger Säure die Einwirkung geradezu aufheben. Taucht man Eisen in Salpetersäure von 1,5 specifischem Gewicht, oder in Salpetersäure oder eine andere Flüssigkeit, welche eine gewisse Menge salpetrige Säure enthält, so bleibt es nachher auch in verdünnter Salpetersäure völlig blank und unangegriffen (**passives Eisen**). Dieser passive Zustand kann bei kohlenstoffhaltigem Eisen (Stahl) eine Woche und länger dauern, reines Eisen wird aber bald wieder löslich (**activ**). Beim Erwärmen der Säure

zu Salpetersäure.

---

1) Nach Millon (Ann. de Chim. et de Phys. 3me Sér. VI. 1842. Sept. S. 73—104; pharm. Centralbl. 1842. S. 895—903) greift reine (ganz von salpetriger Säure freie) Salpetersäure gar kein Metall an. Zuerst entstehen salpetrigsaure Salze, welche von der Salpetersäure zersetzt werden. Dadurch entstehe wieder Stickstoffoxyd — neues salpetrigsaures Salz u. s. f. Es sei darnach nicht mehr wunderbar, warum sich Platin in Salpetersäure auflöst, wenn es mit Silber legirt ist. Vgl. S. 16. 6.

von 1,5 löst es sich mit Heftigkeit, beim Erkalten aber hört wieder alle Einwirkung auf. Auch durch Berührung mit Platin und noch unter mehreren andern Umständen tritt der passive Zustand ein. (Näheres über diese noch unerklärte [1]) Erscheinung vgl. in Berzelius' Lehrbuch der Chemie. 5. Aufl. II. 1844. S. 699—704). Ein ähnliches Verhalten in letzterer Beziehung fand man später auch an andern Metallen, namentlich an Kupfer, Wismuth, Zinn und Arsenik, weniger am Zink (Ann. d. Pharm. 24. S. 34—35; pharm. Centralbl. 1838. S. 190).

In Salpetersäure von einer gewissen Verdünnung löst sich das Eisen ohne alle Gasentwickelung auf, indem Wasser und Säure in dem Verhältnisse zersetzt werden, daß sich aller Wasserstoff mit dem Stickstoff zu Ammoniak vereinigt. Auch die andern Wasser zersetzenden Metalle bilden bei der Auflösung in Salpetersäure Ammoniak, und um so mehr, je leichter sie ersteres zersetzen. Bei den Alkalimetallen bemerkt man dies nicht, weil sich durch die hohe Temperatur das salpetersaure Ammoniak sogleich wieder zersetzt.

Metalle, welche wie das Eisen oder Quecksilber mehrere Oxydationsstufen bilden, werden von kalter, verdünnter Salpetersäure als Oxydulsalze gelöst, während erwärmte Säure Oxyduloxyd und stärker erhitzte nur Oxyd enthält. Kupferoxydul wird aber schon in der Kälte davon in Oxyd verwandelt. Das Manganoxyd hingegen ist eine so schwache Basis, daß es beim Auflösen in Salpetersäure in Oxydul und Hyperoxyd zerfällt, wovon sich das erstere auflöst, obgleich das Oxyd in manchen andern Säuren, wie Schwefelsäure, ohne Zersetzung auflöslich ist.

Verhalten zu Königswasser.

Die Metalle, welche von keiner der vorhergehenden Säuren angegriffen werden, müssen in Königswasser oder Fluorwasserstoffsäure aufgelöst werden. Das **Königswasser** löst indessen nur die wenigsten davon. Es ist das gewöhnliche Auflösungsmittel für Gold und Platin. Auch fein zertheiltes Titan löst sich darin, Rhodium nur, wenn es mit Platin, Kupfer, Wismuth oder Blei legirt ist, Chrom löst sich auch in kochendem Königswasser wenig, Tantal gar nicht und Osmium und Iridium nach dem Glühen ebenso wenig als in Salpetersäure. Das Molybdän dagegen löst sie leicht auf, obgleich es von Fluorwasserstoffsäure nicht angegriffen wird. Das Silber wird zwar von Königswasser aufgelöst, aber beim Verdünnen mit Wasser wieder daraus gefällt, weil Chlorsilber nur in einem Überschuß von **concentrirter**, nicht aber von **verdünnter** Salz- und Salpetersäure auflöslich ist. Metalle, welche mit Chlor mehrere Verbindungsstufen bilden, wie Eisen, Zinn, Quecksilber, lösen sich im Königswasser als Chloride, während sie mit der Salzsäure blos Chlorüre bilden oder gar nicht davon angegriffen werden, wie das Quecksilber. Arsenik verhält sich zum Königswasser fast wie zur Salpetersäure, es wird bei gewöhnlicher Tempe-

---

1) Vgl. Faraday, London and Edinb. phil. Journ. July 1836. S. 57—65. Aug. S. 122; Schönbein in Poggendorff's Ann. 39. S. 137—141 u. 330—350 und von da pharm. Centralbl. 1836. S. 663—668, 889—891 u. 1837 S. 262—264.

ratur als arsenige Säure, bei höherer anfangs zum Theil, später vollständig als Arsenikfäure gelöst, Antimon dagegen löst sich wie die meisten übrigen Metalle als Chlorid.

zu Fluorwasserstoffsäure,

In Fluorwasserstoffsäure lösen sich die meisten Metalle auf, man bedient sich derselben jedoch nur für diejenigen, welche sich in den angeführten Säuren nicht auflösen, wie Tantal und Titan. Letzteres löst sich indessen nur in einem Gemenge von Fluorwasserstoffsäure mit Salpetersäure. Auch Chrom ist fast nur in Fluorwasserstoffsäure löslich, da es selbst von kochendem Königswasser sehr wenig gelöst wird. Thorium dagegen wird von Salzsäure leichter aufgelöst als von Fluorwasserstoffsäure. Vanadium und Molybdän werden davon gar nicht angegriffen, während sie sich in Salpetersäure und Königswasser ganz leicht auflösen [1]).

zu organischen Säuren.

Von geringerer Wichtigkeit ist das Verhalten der Metalle zu den organischen Säuren, da man die Salze dieser Säuren weit leichter erhält, wenn man die Oxyde, als wenn man die Metalle selbst mit den Säuren zusammenbringt. Noch viel weniger aber werden dieselben wie die anorganischen Säuren zur Herstellung von Oxyden oder andern Metallverbindungen benutzt. Die Berührung, in welche die Metalle mit den organischen Säuren kommen, ist fast immer nur zufällig und blos insofern der Berücksichtigung werth, als dabei Metallgeräthe durch Rost beschädigt, oder Flüssigkeiten, welche Pflanzensäuren enthalten (gewöhnlich Nahrungsmittel), durch Metallgehalt verunreinigt und beim Genusse der Gesundheit schädlich werden können. Übrigens sind auch die über diesen Gegenstand gesammelten Erfahrungen äußerst mangelhaft.

Die organischen Säuren, welche hier in Betracht kommen, sind solche, welche zu den stärkeren gehören und häufig vorkommen, wie Essig-, Wein-, Oxal-, Citronen- und Äpfelsäure und die Fettsäuren oder die Fette. Sie wirken mit Ausnahme der Fettsäuren ganz in derselben Weise wie die anorganischen Säuren, nur mit weit geringerer Heftigkeit, auf die unedlen Metalle ein — denn von den edlen wird kein Einziges durch diese Säuren angegriffen — d. h. die das Wasser zersetzenden, besonders Zink und Eisen oxydiren sich auf Kosten des Wassers unter Entwickelung von Wasserstoffgas, und die, welche das Wasser unter Mitwirkung nicht zu zersetzen vermögen, wie das Kupfer, oxydiren sich durch organische Säuren lediglich bei Zutritt der Luft.

Die Auflösung oder Oxydation der Ersteren wird daher, wie die meisten chemischen Prozesse, durch Erwärmung beschleunigt, oder findet, wie bei den schwächeren Säuren, ohne Erwärmung gar nicht statt. Die, welche das Wasser nicht zersetzen, können sich nur durch den Sauerstoff der Luft oxydiren, sie werden daher bei stärkerem Erhitzen, wodurch die atmosphärische Luft aus der Flüssigkeit verdrängt wird, weit weniger von diesen

---

1) Vgl. auch Fordos und Gélis, über die Reaction einiger Säuren und besonders der schwefligen Säure auf Metalle, Journ. de Pharm. et de Chim. Oct. 1843. S. 245; Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 31. S. 402—417.

Säuren angegriffen, als bei gewöhnlicher Temperatur, weil sich diese Säuren bei höherer Temperatur leicht zersetzen, aber trotz dieser leichten Zersetzbarkeit nicht, wie z. B. die Schwefelsäure, freien Sauerstoff an das Metall abtreten, sondern nur anders zusammengesetzte Zersetzungsprodukte erzeugen, welche sich verflüchtigen, während der gewöhnlich zurückbleibende Kohlenstoff sogar noch reducirend auf etwa vorhandenes Oxyd einwirkt. Es werden daher viele sonst sehr schwierig reducirbare Metalle durch bloßes Erhitzen ihrer organischsauren Salze reducirt.

Durch unmittelbare gegenseitige Berührung zweier Metalle wird vermöge galvanischen Prozesses die Verwandtschaft des elektropositiven Metalls zu den organischen Säuren wie zu elektronegativen Stoffen überhaupt beträchtlich erhöht, die des elektronegativen Metalles aber in demselben Maße vermindert oder aufgehoben.

Ganz ähnlich verhalten sich außer den Metallen noch andere Stoffe, indem dieselben entweder als elektropositive oder elektronegative Glieder mit dem fraglichen Metall in elektrische Spannung treten, wenn sie auch sonst ganz indifferente Substanzen sind und nicht mit in die Verbindung eintreten. Die Einwirkung der organischen Säuren wird daher durch Salze (s. S. 167) eingeleitet oder erhöht, durch Zucker dagegen geschwächt oder ganz verhindert. Daraus erklärt sich auch, warum sich manche Metalle, obgleich sie Wasser zersetzen, bei Luftabschluß in schwachen organischen Säuren nicht oxydiren, bei Luftzutritt aber wenigstens rascher, als bei Gegenwart von bloßem Wasser ohne Säure.

Die meisten organischen Säuren oxydiren die Metalle auch vermöge der Schwerlöslichkeit der entstehenden Salze nur äußerst langsam vollständig.

Was die einzelnen Säuren angeht, so löst die Essigsäure, welche meist auflösliche Salze bildet, das Zink leicht, das Eisen bei gewöhnlicher Temperatur langsamer, leicht aber beim Erwärmen; langsam Blei, Zinn und Wismuth, bei Luftzutritt das Kupfer ziemlich leicht, die übrigen fast gar nicht. Ähnlich verhält sich die Weinsäure und Oxalsäure; letztere zerfrißt auch Kobalt und Nickel, womit sie unauflösliche Salze bildet. Zink und Eisen und, bei Luftzutritt, Kupfer werden von Citronen- und Äpfelsäure ziemlich leicht oxydirt.

Verhalten zu Fetten.

Eigenthümlich ist das Verhalten des Kupfers und Eisens zu den Säuren der Fette. Während das Kupfer ganz in verdünnter Schwefelsäure oder in Salzsäure untergetaucht, sowohl in gewöhnlicher Temperatur als beim Kochen, völlig unverändert bleibt, färbt es, ganz oder zum Theil unter Fett gebracht, durch Auflösung von fettsaurem Kupferoxyd, eine große Menge Fett, oder wenn dasselbe eine feste Masse bildet, wenigstens seine nächste Umgebung bei gewöhnlicher Temperatur in kurzer Zeit intensiv grün[1]). Kochendes Fett läßt es unverändert. Das Eisen hingegen,

1) Man benutzt die tiefe Färbung des Fettes durch Kupfer zuweilen zur Entdeckung eines Kupfergehalts im Branntwein, worin eine sehr geringe Menge Kupfer nicht immer so leicht zu entdecken ist. Man legt nämlich ein kleines Stück

welches, wenigstens bei Luftzutritt, durch die schwächsten organischen Säuren angegriffen wird, kann durch einen kaum sichtbaren Fettüberzug selbst in der feuchtesten Luft vor Oxydation geschützt werden. Eben so wenig wird es von kochendem Fett angegriffen.

Olivenöl, in Zinkgefäßen aufbewahrt, löst nach Audouard's Versuchen selbst in der Kälte ziemlich viel Zink auf. Arsenikmetall wird nach Reinsch von Öl beim Kochen zum Theil in arsenige Säure verwandelt und als solche aufgelöst, ohne Entwickelung von Arsenikwasserstoffgas; Antimon wird nicht angegriffen. Von Blei löst kochendes Olivenöl, nach meinen Beobachtungen, kaum nachweisbare[1]) Spuren, von Zinn gar nichts auf.

Nur wenige von den Metallen, welche das Wasser nicht ohne Mitwirkung von Luft oder Säuren, oder unter keiner Bedingung zu zersetzen vermögen, zersetzen es unter Einwirkung der Alkalien, wenn sie damit auf trockenem Wege erhitzt oder mit ihren Auflösungen erwärmt werden. Auch im ersteren Falle oxydiren sie sich nicht durch den Sauerstoff der Alkalien selbst, sondern durch den ihres Hydratwassers. zu Alkalien.

Die Metalle der Erden werden von den Auflösungen der freien Alkalien und beim Zusammenschmelzen, sowohl mit diesen, als mit den kohlensauren Alkalien, oxydirt, Beryllium auch von den Auflösungen der letzteren. Blos Thorium und Yttrium werden auf nassem Wege von den Alkalien nicht gelöst, nur in kohlensaurem Ammoniak löst sich das letztere. Aluminium löst sich in Ammoniakflüssigkeit als Thonerde, obgleich von schon fertiger Thonerde nur Spuren davon aufgenommen werden.

Tellur bildet mit Kali auf nassem und trockenem Wege tellurigsaures Kali und Tellurkalium. Platin, Iridium und Tantal werden nur auf trockenem Wege von Alkalien oxydirt[2]), Zinn, Zink, Blei und Arsenik nur auf nassem Wege oxydirt und aufgelöst.

Kupfer löst sich in Ammoniakflüssigkeit auf, aber nur, wenn es Gelegenheit hat, Sauerstoff und Kohlensäure aus der Luft anzuziehen, um mit dem Ammoniak ein Doppelsalz zu bilden. Wasser wird hierbei nicht zersetzt, denn in einem verschlossenen Gefäße entfärbt sich die blaue Flüssigkeit bald, wenn noch unaufgelöstes Kupfer vorhanden ist, weil sich dann letzteres mit dem schon gebildeten Oxyd in den Sauerstoff theilt und nebst diesem in Oxydul übergeht. Glühendes oder geschmolzenes Kupfer erleidet (nach Schrötter) durch Ammoniakgas keine Veränderung.

Hat das Oxyd eines Metalls keine Neigung, sich mit dem Alkali zu

---

Butter in eine größere Menge Branntwein. War derselbe kupferhaltig, so ist die Butter von aufgenommenem Kupferoxyd gewöhnlich nach 24 bis 48 Stunden grünlich geworden.

1) Das mit Blei- und Zinnfeilspänen längere Zeit gekochte Öl wurde filtrirt, mit angesäuertem Wasser gekocht und die vom Öl abfiltrirte Flüssigkeit mit den gewöhnlichen Reagentien geprüft.

2) In sehr kleiner Menge werden aber wohl noch manche andere Metalle von schmelzendem Kali oxydirt, wenigstens hat dies Chodnew bereits vom Kupfer und Silber nachgewiesen. Journ. f. pr. Chem. 28. S. 217.

vereinigen, so hindert letzteres sogar die Oxydation desselben in lufthaltigem Wasser oder feuchter Luft, indem es als elektropositiver Körper die Negativität des Metalls erhöht. So wird z. B. das Eisen vor Rost geschützt, wenn man es in Alkalilösung taucht oder damit bestreicht.

Verhalten zu Salzen auf nassem Wege.

Wenn die Metalle in Wasser oder feuchter Luft mit Salzen zusammenkommen, so verbinden sie sich weit schneller mit Sauerstoff und andern Nichtmetallen, als wenn sie mit reinem Wasser in Berührung stehen. Sie zersetzen theils diese Salze selbst und verbinden sich mit den negativen Bestandtheilen derselben, wenn sie größere Verwandtschaft dazu haben, oder sie oxydiren sich durch den Sauerstoff des Wassers und der Luft, theilen sich dann als Oxyde mit der Basis des Salzes in dessen Säure oder Haloid und bilden basische Salze, oder sie lassen das Salz ganz unverändert. Das die Oxydation begünstigende Salz spielt dann blos die Rolle eines negativen Volta'schen Elements, während das Metall als positives auftritt. Zink und Eisen bedecken sich in Auflösungen von Kochsalz, Salpeter, Salmiak[1]) rc. in wenig Tagen mit einer reichlichen Menge von Oxydhydrat oder basischem Salz. Legt man ein Stück Eisen in eine der Luft ausgesetzte Lösung von schwefelsaurem Natron, so daß es davon bedeckt wird, so entsteht schwefelsaures Eisenoxydul, welches jedoch durch das frei gewordene Natron sogleich wieder zersetzt wird, so daß Eisenoxydulhydrat niederfällt, welches sich später in Oxydhydrat verwandelt, während schwefelsaures Natron in Auflösung bleibt. Taucht man dagegen das Eisen nur theilweise in die Lösung, so entsteht schwefelsaures Eisenoxydul, welches aufgelöst bleibt, während das Natron unter Anziehung von Kohlensäure aus der Luft sich auf dem nicht eingetauchten Theile des Eisens ablagert. Der nicht eingetauchte Theil des Eisens scheint mit einer hygrometrischen Wasserschichte bedeckt den negativen, der eingetauchte und vom Salze angegriffene Theil aber den positiven Pol einer Volta'schen Säule dabei zu bilden[2]).

Von den in dieser Beziehung mit Kochsalz untersuchten[3]) Metallen bilden Zink, Guß- und Schmiedeisen, Kupfer und Messing unter Kochsalzauflösung sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, als beim Kochen, oder damit besprengt, an der Luft theils unauflösliche basische, theils lösliche Chloride oder beide zugleich. Zinn allein wurde blos beim Besprengen, aber erst nach etwa 8 Tagen, Silber gar nicht angegriffen. Dagegen löst[4]) doppeltschwefelsaures, neutrales weinsaures Kali, Alaun und essigsaures Kali beim Kochen das Zinn als Oxydul, der Salmiak dagegen als Oxyd auf,

1) Vgl. Frickhinger, über die Einwirkung des Salmiaks auf metallisches Eisen in Buchner's Repertorium der Pharmacie 2. Reihe 41. S. 158—168; im Auszug pharm. Centralbl. 1846. S. 122—123.

2) Vgl. Becquerel, Compt. rend. 22. S. 1065—1068; pharm. Centralbl. 1846. S. 778.

3) Unger, Journ. f. prakt. Chem. 7. S. 297—304; oder pharm. Centralbl. 1836. S. 790—794.

4) Cludius, Journ. f. prakt. Chem. 9. S. 161; oder pharm. Centralbl. 1837. S. 127.

während es einfach schwefelsaures und salpetersaures Kali, schwefelsaures Natron und schwefelsaure Magnesia unverändert lassen.

Zink löst sich in Schwefelsäure anfangs weit langsamer auf, als später, wo die Flüssigkeit eine gewisse Menge von schwefelsaurem Zinkoxyd gelöst enthält. Die Auflösung desselben in 10fach mit Wasser verdünnter Schwefelsäure findet, wenn letztere einmal rein, das andere Mal mit verschiedenen Salzen versetzt ist, in folgenden Mengenverhältnissen des Zinks statt[1]): in reiner Schwefelsäure 1, mit Platinchlorid 149, mit arseniger Säure 123, mit schwefelsaurem Kupferoxyd 45, mit Brechweinstein 29, mit schwefelsaurem Silberoxyd 2,4. Auch die Salze anderer Schwermetalle beschleunigen die Auflösung, jedoch in geringerem Grade. Die Menge des aufgelösten Salzes ist gleichfalls von Einfluß. So beschleunigt eine 10fache Menge Platinchlorid die Auflösung fast ums 3fache. Ähnlich verhalten sich andere Metalle und andere Säuren. Selbst schwache Pflanzensäuren, welche sonst die Metalle fast nicht angreifen, können durch manche Salze zum Auflösen gebracht werden, wie Citronensäure durch schwefelsaures Kupferoxyd und arsenige Säure.

Ganz besonders zeichnet sich das chlorsaure Kali durch seine oxydirende Wirkung auf Metalle aus. Eisen und Zink oxydiren sich in einer Auflösung desselben in kurzer Zeit. Das chlorsaure Kali wird dabei vollständig in Chlorkalium verwandelt.

Eisenchlorid- und Eisenoxydsalzlösungen lösen nicht blos Eisen auf, (um sich in Oxydul zu verwandeln, weil dieses eine weit kräftigere Basis als das Oxyd ist), sondern auch andere Metalle, wie Zink, Zinn, Blei, Wismuth, Kupfer, Kobalt, Nickel, Arsenik und Antimon. Silber wird blos von schwefelsaurem Eisenoxyd und Gold nur in Chlorid aufgelöst[2]). Diese Eigenschaft, weniger oxydirbare Metalle in kleiner Menge aufzulösen, scheint übrigens mehreren neutralen Metallsalzlösungen zuzukommen. So löst auch das salpetersaure Kupferoxyd etwas Silber, das essigsaure und salpetersaure Zinkoxyd Blei auf[3]).

Auch Cyankalium, in geringerem Grade Kaliumeisencyanür lösen die Metalle, selbst edle, wie Gold und Silber, namentlich beim Kochen mit Leichtigkeit auf. Eisen, Kupfer, Zink und Nickel zersetzen dabei Wasser, während sich Gold, Silber und Cadmium aus der Luft oxydiren. Das Oxyd scheint das Cyankalium theilweise zu zersetzen, um ein Doppelcyansalz zu bilden. Platin, Quecksilber und Zinn lösen sich darin nicht auf[4]).

---

1) Millon, Compt. rend. 21. S. 202—299; pharm. Centralbl. 1846. S. 187—190.

2) Vogel, Journ. f. prakt. Chem. 20. S. 362—366 und Napier, Edinb. & Dubl. philos. Mag. 1844. May. S. 365—370; pharm. Centralbl. 1840. S. 609—611 und 1844. S. 520—522.

3) Fischer, Poggendorff's Ann. 68. S. 571—574; pharm. Centralbl. 1846. S. 814.

4) Elsner, Journ. f. prakt. Chem. 37. S. 441—446; pharm. Centralbl. 1846. S. 653.

Verhalten zu Salzen auf trockenem Wege.

Die Veränderungen, welche die Metalle durch die Einwirkung der Salze auf **trockenem** Wege erleiden, sind noch wenig untersucht, doch scheinen dieselben beim Erhitzen im Ganzen wenig Einfluß auf die Metalle zu haben, etwa gewisse saure Salze ausgenommen, welche dabei ein Atom ihrer Säure abgeben, ferner die salpetersauren und chlorsauren Salze, welche bei ihrer Zersetzung in der Hitze den Sauerstoff der Salpetersäure auf die Metalle übertragen. Diese werden dadurch zu so kräftigen Oxydationsmitteln, daß man sie zur Oxydation des geglühten Iridium und Osmium benutzen kann, welche auf nassem Wege allen Säuren widerstehen. Eisen wird davon zu Eisensäure ($\dddot{F}e$) oxydirt. Zink wird durch Zusammenschmelzen mit saurem phosphorsaurem Natron (wie mit freier Phosphorsäure) unter Bildung von Phosphor oxydirt [1]).

Die löslichen und schmelzbaren kohlensauren Salze (die kohlensauren Alkalien) verhalten sich, namentlich auf trockenem Wege, wie die freien Alkalien; auf nassem Wege jedoch mehr indifferent. (Vgl. auch S. 165).

Die in Wasser löslichen Schwefelmetalle (oder die alkalischen) verwandeln die Metalle, welche eine große Verwandtschaft zum Schwefel besitzen, wie Kupfer, Silber, oberflächlich in Schwefelmetalle, auf die übrigen wirken sie nur dann ein, und zwar oxydirend, wenn sie an der Luft allmälig in unterschwefligsaure und schwefelsaure Salze übergehen, wie z. B. das Schwefelkalium, welches beim Abbrennen des Schießpulvers entsteht und in den Flintenläufen zurückbleibt.

Verbindungen der Metalle unter sich.

Die Metalle verbinden sich unter einander selbst, entweder nach bestimmten Verhältnissen, oder sie bilden bloße Zusammenschmelzungen, sogenannte **Legirungen**. Die Verbindungen des Quecksilbers mit andern Metallen heißen **Amalgam, Quecksilbermetall** oder **Quickbrei** [2]).

Metallmischungen.

Erstere scheinen zwischen den meisten Metallen stattzufinden, obgleich es noch nicht überall gelungen ist, das von dem einen Metalle überschüssig Zugesetzte abzuscheiden.

Die Metalle, welche Säuren bilden, haben eine besondere Neigung, sich mit denen zu verbinden, welche Basen bilden, und zwar um so mehr, je stärker die Säure oder Basis ist, welche aus dem jedesmaligen Metalle entsteht. Arsen, Antimon und Tellur bilden mit den übrigen Metallen Verbindungen, welche den Schwefel-, Selen- oder Phosphormetallen ähnlich sind und in der Natur auch nicht selten in Verbindung mit Schwefelmetallen vorkommen.

Die meisten dieser Verbindungen sind nach denselben Verhältnissen zusammengesetzt, in denen sich die Metalle mit Sauerstoff und Schwefel vereinigen, so daß sie durch Oxydation in arseniksaure, antimonsaure Salze ꝛc. übergehen.

---

1) Über die Bildung kleiner Mengen von Chloriden beim Erhitzen des Silbers und Kupfers mit geschmolzenem Kochsalz vgl. Rose in Poggendorff's Ann. 68. S. 283—291; pharm. Centralbl. 1846. S. 666—667.

2) Die Operation des Amalgamirens heißt **Verquickung** oder **Amalgamation**.

Alle diese Verbindungen der Metalle unter sich finden unter Temperaturerhöhung statt. Wenn man geschmolzenes Kupfer mit so viel geschmolzenem Zink, als zur Bildung von Messing hinreicht, auf einmal zusammenmischt, so erhitzen sie sich so stark, daß ein Theil der Mischung umhergeschleudert wird. Noch stärker und oft von Lichterscheinung begleitet ist die Erhitzung bei der Verbindung von Antimon, Blei, Zinn, Zink und Cadmium mit Platin. Ein in Platinfolie gewickeltes schrotkorngroßes Stück Zink oder Cadmium verpufft, wenn man es über einer Weingeistlampe erhitzt [1]).

Vorkommen.

Es kommen mehrere dieser Verbindungen im Mineralreiche vor, wie Arsenikglanz (Arsenikwismuth), Kupfernickel (Arseniknickel), Speiskobalt (Arsenikkobalt), Glanzarsenikkies (Arsenikeisen), Tellurwismuth, Schrifterz (Tellur mit Gold und Silber), Weißtellurerz (Tellur mit Gold, Blei und Silber), Tellurblei (Tellur mit Blei, Gold etwas Kupfer und Silber), Osmiumiridium, Platinerz (Platin mit Gold und Palladium, oder mit Eisen, nebst etwas Kupfer, Iridium, Rhodium, Palladium und Osmium, zum Theil auch mit Chrom und Titan), mehrere Goldsilberverbindungen und natürliches Amalgam (Silberquecksilber).

Darstellung.

Um die Metallmischungen so viel wie möglich nach bestimmten Verhältnissen rein zu erhalten, bedient man sich entweder der Krystallisationsfähigkeit der Verbindung, oder, in einigen Fällen, der größeren Flüchtigkeit oder Schmelzbarkeit des einen Bestandtheils, welchen man dann in Überschuß zusetzt. Man kann die Metalle zwar in beliebigen Verhältnissen zusammenschmelzen, etwa wie man Alkohol und Wasser, oder Wachs und Talg mengt, wobei sie nachher zusammen erstarren. Allein man hat beobachtet, daß das Thermometer beim Erkalten solcher Gemenge, nachdem es eine Weile gesunken war, eine Zeit lang stationär blieb, dann wieder sank und erst beim Erstarren der ganzen Masse wieder stehen blieb, was offenbar von der Ausscheidung einer schwerer schmelzbaren Verbindung herrührt, deren Wärme auf den noch flüssigen Antheil übergeht, während das zuletzt Erstarrte wieder eine andere Verbindung war.

Um Legirungen von Metallen herzustellen, welche eine verschiedene Schmelzbarkeit besitzen, erhitzt man das schwerer schmelzbare Metall zuerst im Schmelztiegel zum Schmelzen, oder wenigstens zum Weichwerden, weil sich sonst das eine leicht oxydirt oder verflüchtigt, bis das andere schmilzt.

Scheidung der Legirungen.

Wenn die zusammengeschmolzenen Metalle bei sehr verschiedenen Temperaturen erstarren, so kann man das leichter flüssige nach dem Erstarren des schwerer schmelzbaren abfließen lassen. Diese Operation wird zuweilen im Großen zur Scheidung gemischter Metalle angewendet und heißt **Saigerung**.

Wo die Scheidung nicht mittelst der Saigerung zu Stande kommt, gelingt sie oft durch Verflüchtigung des einen Metalles oder durch Zusammenschmelzen mit einem andern Metalle, gewöhnlich aber nur durch Auflösung und Cämentation (nasse Scheidung).

---

1) Vgl. Böttger im pharm. Centralbl. 1838 S. 128.

Eigenschaften. Specifisches Gewicht.

Bei der Verbindung der Metalle unter sich findet gewöhnlich eine Volumveränderung statt. Bei nachstehenden Verbindungen erfolgt eine Verdichtung: Gold mit Silber, Blei, Wismuth und Zink; Silber mit Kupfer, Blei, Zinn, Wismuth, Zink und Antimon; Quecksilber mit Zinn und Blei; Wismuth mit Antimon. Das specifische Gewicht dieser Gemische ist daher größer, als es die Rechnung ergibt. Manche dagegen dehnen sich aus wie Gold mit Kupfer, Eisen und Zinn; Platin mit Kupfer; Eisen mit Antimon, Wismuth und Zink; Kupfer mit Blei; Zinn mit Zink, Blei und Antimon; Zink mit Antimon; Quecksilber mit Wismuth; Kupfer und Wismuth behalten ihre Dichtigkeit beim Zusammenschmelzen unverändert.

Glanz und Farbe.

Die Metallgemische zeigen ohne Ausnahme Metallglanz. Die Farbe derselben ist theils eine Mischung aus den Farben ihrer Bestandtheile, theils zeigen sie aber auch ganz andere Farben, als man nach der Farbe der gemischten Metalle erwarten sollte. So gibt Kupfer mit 30% Zink eine gelbe Mischung — das Messing — und mit 20—25% Zinn eine gelblich graue — die Glockenspeise. Eine Legirung von 10 Th. Kupfer mit 3 Th. Nickel, oder bei Zusatz von Zink auch noch bei weniger Nickel (Neusilber) ist silberweiß. Das graue Arsenik, sowie das Kupfer, erhöhen die Weiße des Zinns. Gleiche Theile Kupfer und Arsenik geben eine silberähnliche Legirung (Weißkupfer), ebenso Kupfer mit Mangan. Gleiche Theile Nickel und Platin bilden eine blaßgelbe Legirung. Der Bodensatz in den Häfen der Blaufarbeöfen (Speise), eine Verbindung von Arsenik mit Nickel ($Ni_3\,As_2$) ist graulich gelb, eine andere natürlich vorkommende Verbindung (Ni As), welche auch daher den Namen Kupfernickel führt, ist kupferroth. Eine Mischung von 3 Th. Gold mit 1 Th. Silber (18karätiges Gold) sieht grünlich aus; Nickel gibt mit Antimon, und Kobalt mit Zinn violette Legirungen.

Härte und Sprödigkeit.

Die Härte der Legirungen ist meistens größer, als die der einzelnen Metalle, aber auch ihre Sprödigkeit ist bedeutender. Manche dagegen sind noch dehnbarer, als die reinen Metalle. Eine Mischung von 12 Theilen Blei mit 1 Th. Zink ist noch einmal so zäh, als reines Zink. Oft reicht schon der Zusatz einer sehr kleinen Menge eines Metalls zur Veränderung der Dehnbarkeit hin. Zink und Antimon geben (auch noch bei gleichen Theilen) ein dehnbares Gemisch, welches aber sehr spröde ausfällt, wenn das Zinn nur einige Procente Blei enthält. Übrigens haben, wie bei den reinen Metallen, so auch bei den Legirungen außerdem noch gewisse Umstände einen besondern Einfluß auf die Härte und Dehnbarkeit. So wie z. B. eine schnelle Abkühlung nach dem Glühen das Eisen hart und spröde, das Kupfer dagegen weich und dehnbar macht, so wird eine Legirung aus 78 Kupfer und 22 Zinn, woraus die Metallbecken (Gonggong) der Chinesen bestehen, durch allmäliges Abkühlen nach dem Rothglühen spröde, durch schnelles aber biegsam und hämmerbar. Dabei ist der Bruch im ersteren Falle zinnweiß, im letzteren gelb.

Magnetismus.

Manche Legirungen sind magnetisch, wie z. B. das Messing (Sturgeon und Cavallo), Legirungen aus Kupfer und Silber, Kupfer und Gold rc.

auch wenn die verbundenen Metalle chemisch rein waren. Dagegen zeigt eine Legirung aus gleichen Theilen Eisen und Zink wenig, und eine aus 1/8 Eisen und 7/8 Zink gar keinen Magnetismus. Auch Antimon wirkt wie Zink (Sturgeon).

Schmelzbarkeit.

Die Legirungen sind fast ohne Ausnahme leichter schmelzbar, als die Metalle, aus denen sie bestehen; sie werden daher vorzüglich zum Löthen benutzt. So schmilzt z. B. das Rose'sche Metallgemisch (2 Th. Wismuth, 1 Blei, 1 Zinn) schon in kochendem Wasser. Dies beruht auf der Ausdehnung solcher Metallgemische bei ihrer Verbindung und der damit zusammenhängenden Bindung von Wärme[1]).

Chemisches Verhalten.

Über das Verhalten zu Salz und besonders zu organischen Säuren sind einige Versuche in Bezug auf das Neusilber angestellt worden. Taubert fand, daß sich Kochsalz gegen Neusilber indifferent verhält, Essig und Äpfelsaft dagegen vorzugsweise dessen Nickel und Zink, weniger das Kupfer angreifen. Nach Wackenroder gaben verschiedene Neusilbersorten (Theelöffel) 3, 6, 8 und 18 Hundertelgran Kupfer in 24—88 Stunden an 3 Unzen gewöhnlichen Essig ab, versilbertes Messing 8/100, versilbertes Kupfer 3/100, 12löthiges Silber 1/100.

Zu den Fetten verhalten sich die Legirungen, welche Kupfer zum Hauptbestandtheil haben, z. B. Messing, Bronce u. dgl., wie freies Kupfer.

Die Metallmischungen oxydiren sich leichter, als die reinen Metalle, was von der Verwandtschaft ihrer Oxyde, sich als solche mit einander zu verbinden, herzurühren scheint. Ein zum Glühen erhitztes Gemisch von Zinn und Blei entzündet sich und brennt fort wie Torf. Ein Amalgam von Kalium und Quecksilber verwandelt sich unter gewissen Umständen in Kali und Quecksilberoxyd.

Oxyde. Vorkommen.

Vermöge der großen Verwandtschaft der Metalle zum Sauerstoff sind die Oxyde derselben unter allen ihren Verbindungen am meisten in der Natur verbreitet. Bei weitem der größte Theil aller Mineralien sind Oxyde, theils im freien Zustande, theils an Säuren gebunden.

Im freien Zustande oder nur an Wasser gebunden (als Hydrate) kommen folgende Oxyde in der Natur vor, nämlich Brucit (Talkerdehydrat), Corund und Schmirgel (Thonerde), Gibbsit (Thonerdehydrat), Rotheisenerz (Eisenoxyd), Brauneisenerz (Eisenoxydhydrat), Magneteisenstein (Eisenoxydoxydul), Pyrolusit (Manganhyperoxyd), Braunit (Manganoxyd), Manganit (Manganoxydhydrat), Psilomelan (Mangansuperoxyd mit Manganoxydul), Hausmannit (Manganoxydoxydul), Uranpecherz (Uranoxydul), Uranocker (Uranoxyd), Erdkobalt (Kobaltoxyd), Rothzinkerz (durch Eisenoxyd roth gefärbtes Zinkoxyd), Zinnstein (Zinnoxyd), Mennig (Bleioxyd-

1) Vgl. auch Person, Lösung eines Problems über das Schmelzen der Legirungen. Compt. rend. 23. S. 626; Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 70. 1847. S. 388.

hyperoxyd), Wismuthocker (Wismuthoxyd), Rothkupfererz (Kupferoxydul), Kupferschwärze (Kupferoxyd), Weißspießglanzerz (Antimonoxyd), Antimonocker (antimonige Säure mit Wasser), Rutil und Anatas (Titansäure), Wolframocker (Wolframsäure), Molybdänocker (Molybdänsäure), Chromocker (Chromoxyd) und Arsenikblüte (arsenige Säure).

Darstellung. Das gewöhnlichste Mittel, ein Metall in ein Oxyd zu verwandeln, ist, ein auflösliches Salz desselben, welches entweder natürlich vorkommt, oder durch Auflösen des Metalls in einer Sauerstoffsäure, oder in Chlorwasserstoffsäure erhalten werden kann, durch die Auflösung eines Alkali zu zersetzen. Die Säure bildet mit dem Alkali ein auflösliches Salz und das Metalloxyd wird als Niederschlag abgeschieden, gewöhnlich aber in Verbindung mit Wasser als Hydrat, wovon man es durch Erhitzen befreit. Die auflöslichen Oxyde, wie die Alkalien und alkalischen Erden, erhält man durch Zersetzung ihrer Salze. Kocht man z. B. die Auflösungen der alkalischen Carbonate mit Kalk, so bildet derselbe mit der Kohlensäure eine unauflösliche Verbindung, während das Oxyd das Alkali — im freien Zustande in Auflösung bleibt. Auch die alkalischen Erden erhält man gewöhnlich aus ihren Carbonaten, aber auf trockenem Wege durch Glühen; die Kohlensäure entweicht und das Oxyd — die alkalische Erde bleibt im freien Zustande zurück. Ebenso lassen sich auch die Oxyde vieler Schwermetalle durch bloßes Erhitzen ihrer Carbonate darstellen.

Zur Oxydation der Metalle durch Auflösung in Säuren wählt man die Säure, in welcher es sich am leichtesten lösen läßt, oder unter sonst gleichen Umständen die billigste.

Auf trockenem Wege oxydirt man auch mehrere Metalle durch Erhitzen mit Salpeter (salpetersaurem Kali) oder chlorsaurem Kali, besonders solche, welche sich nicht oder nur schwierig in Säuren lösen. Das Salz wird in der Hitze zersetzt und die frei gewordene Säure gleichfalls, indem deren Sauerstoff das Metall oxydirt. Da diese Oxydation gewaltsam geschieht, so setzt man, wo jeder Verlust durch Umherspritzen vermieden werden soll, dem Gemenge des zerkleinerten Metalls mit salpeter- oder chlorsaurem Kali die 12—20fache Gewichtsmenge kohlensaures Alkali zu. Wo es auf einen kleinen Verlust nicht ankommt, wirft man das bloße Gemenge des Metalls mit Salpeter nach und nach in kleinen Portionen in einen Tiegel, dessen Boden bis zum Glühen erhitzt ist. Metalle, welche Säuren bilden, wie Arsenik, verbinden sich dabei mit dem Kali des zersetzten Salpeters.

Manche Metalle können durch bloßes Erhitzen unter Luftzutritt oxydirt werden. So braucht man das Zink und Blei blos bis zum Dunkelrothglühen zu erhitzen. Man nimmt die gebildete Oxydschichte immer von der Oberfläche weg und reinigt das erhaltene Oxyd von noch nicht oxydirtem Metall durch Schlemmen. So wird z. B. Speiskobalt (Verbindung von Kobalt und Arsenik) durch Rösten, Kupferspäne dadurch oxydirt, daß man sie in einem Luftstrom glüht. Man füllt sie in einen Schmelztiegel, über den man in einem geheizten Ofen einen größeren Schmelztiegel stürzt.

Letzterer hat in dem nach oben gerichteten Boden eine Öffnung, nach welcher vom Rost aus ein anhaltender Luftstrom zieht und auf seinem Wege das Kupfer oxydirt. Das Quecksilberoxyd bereitete man früher, indem man es in einer enghalsigen Flasche anhaltend kochte. Auch Blei und Zink werden durch bloßes Erhitzen in Oxyd verwandelt. Einige, wie Kalk, Magnesia, Kupferoxyd lassen sich durch Erhitzen ihrer Carbonate, andere, wie Baryt, Quecksilber- und Kupferoxyd durch Erhitzen ihrer salpetersauren Salze darstellen.

Von den Metallen, welche mehr als eine Oxydationsstufe bilden, erhält man bald vorzugsweise die niedrigere, bald die höhere. Beim Auflösen der Metalle in Säuren entsteht natürlich nur diejenige, welche eine salzfähige Basis bildet, daher z. B. beim Wismuth, Blei, Zink, Nickel und Kobalt nicht Suboxyd oder Hyperoxyd, sondern Oxyd. Sind zwei Oxydationsstufen Basen, so entsteht in der Regel die stärkere derselben, so z. B. beim Kupfer nicht das Oxydul, sondern das Oxyd, beim Zinn, Eisen und Mangan umgekehrt, nicht das Oxyd, sondern das Oxydul. Die Oxydule verwandeln sich aber im freien Zustande, namentlich unter Mitwirkung von Wasser, so leicht in Oxyd, daß man, besonders Eisen und Mangan beim Trocknen fast nur als Oxyde erhält.

Durch Auflösen in Salzsäure erhält man die der stärkeren Sauerstoffbasis entsprechende Chlorverbindung, durch Königswasser die der nächst höheren Oxydationsstufe entsprechende, wenn letztere eine salzfähige Basis bildet, und bekommt daher auch durch Fällen der Chlorverbindungen mit Alkalien das entsprechende Oxyd. Leitet man Chlorgas in eine Chlorürauflösung, so erhält man Chlorid; leitet man dasselbe in ein Oxydulsalz, so entsteht Oxyd, indem Wasser zersetzt wird, dessen Wasserstoff mit dem Chlor Salzsäure bildet, während der Sauerstoff das Oxydul in Oxyd verwandelt.

Durch schwaches und kürzeres Erhitzen der Metalle erhält man die niedrigeren Oxydationsstufen, beim Blei und Zink Suboxyd, beim Kupfer und Eisen Oxyd-Oxydul, durch stärkeres oder fortgesetztes Glühen ihre Oxyde oder Hyperoxyde.

Um die niederen Oxyde in höhere zu verwandeln, calcinirt man dieselben; die höchsten Oxydationsstufen erhält man durch Glühen der Metalle oder niederen Oxyde mit Salpeter, oder durch Erwärmung ihrer Auflösung (in Säure) mit Salpetersäure oder chlorsaurem Kali. Die Darstellung niederer Oxyde aus höheren gelingt bei den meisten durch theilweise Reduction mittelst schwefeliger Säure oder Zucker aus ihren Salzen (s. unten „Verhalten der Salze zu organischen Stoffen"), wie beim Kupferoxyd, oder durch gleichzeitige Behandlung der höheren Oxyde mit Zucker, oder Weingeist und Säure, am besten unter Erwärmung.

Physikalische Eigenschaften.

Unter den physikalischen Eigenschaften der Metalloxyde ist besonders die Farbe von Wichtigkeit, insofern sie für viele derselben eines der wichtigsten Kennzeichen bildet.

Die Farbe der Oxyde

Die Farbe der Oxyde ist sehr verschieden. Am häufigsten kommt die weiße Farbe vor; man findet sie bei den Alkalien, alkalischen und

eigentlichen Erden, mit Ausnahme der Suboxyde und Hyperoxyde der Alkalimetalle, und unter den Schwermetallen noch bei dem Oxyde des Zinns, Zinks, Lanthans und Antimons, und bei den Säuren des Antimons, Molybdäns, Arseniks, Tellurs, Titans und Tantals. Nach der weißen Farbe erscheint bei den Oxyden am häufigsten die schwarze, graue und braune. Schwarz sind das Oxydul des Eisens, Wismuths, Quecksilbers, Silbers, Platins, Rhodiums, Iridiums, Titans und Molybdäns, das Oxyd des Kupfers, Silbers, Platins, Osmiums, Wolframs und Vanadiums, das Sesquioxyd des Nickels und Kobalts, das Oxydoxydul des Eisens und Rhodiums, das Suboxyd des Eisens, Arseniks und Palladiums, das Hyperoxyd des Kobalts und Nickels; grau das Suboxyd des Kaliums, Natriums, Zinks und Bleis, das Hyperoxyd des Mangans und Silbers, das Oxyd des Nickels, Kobalts und Tantals, das Oxydul des Zinns; braun das Oxyd des Molybdäns, Goldes, Mangans und Didyms, das Hyperoxyd des Bleis und Kupfers, die Säure des Wismuths, das Oxydul des Urans, das Oxydoxydul des Mangans; rothbraun das Oxyd des Eisens, Urans und Platins, die Säure des Vanadins und Chroms; roth das Oxydul des Kupfers, das Oxyd des Quecksilbers, das Hyperoxyd-Oxyd des Bleis und die Manganübersäure; gelb das Hyperoxyd des Kaliums und Natriums, das Oxyd des Bleis, Cadmiums, Wismuths und Ceriums, die Säure des Wolframs und die Verbindung der Chromsäure mit Chromoxyd; grün das Suboxyd des Cadmiums, das Oxydul des Goldes und Mangans, das Oxyd des Chroms, das Oxydoxydul des Urans, die neutrale Verbindung des Molybdänoxyds mit Molybdänsäure, die neutrale und saure von Vanadiumoxyd und Vanadiumsäure; blau sind die Verbindungen der Molybdänsäure mit Molybdänoxyd, der Wolframsäure mit Wolframoxyd, der Osmiumsäure mit Osmiumoxyd und des Iridiumoxyduls mit Iridiumsesquioxydul; violett das Oxydul des Platins und Oxyd des Titans.

und ihrer Hydrate.

Die Hydrate der Oxyde haben eine hellere Farbe, als die Oxyde im freien Zustande. Außer den schon an und für sich weißen Oxyden bilden auch Zinn-, Mangan- und Eisenoxydul, Blei-, Wismuth-, Cadmium-, Vanadium- und Ceriumoxyd weiße Hydrate. Die schwarze Farbe des Oxyds wird beim Oxydhydrat des Platins rothbraum, bei dem des Rhodiumoxyduls grau, beim Kupferoxyd blau, beim Iridiumoxydul und Eisenoxydoxydul grün; die graue beim Nickeloxyd grün, beim Kobaltoxyd roth; die braune beim Molybdän- und Wolframoxyd und bei der Wismuthsäure rothbraun, beim Goldoxyd gelb, beim Didymoxyd violettroth; die braunrothe beim Uranoxyd und Kupferoxydul gelb, beim Eisenoxyd und bei der Vanadiumsäure braungelb; die dunkelgrüne beim Chromoxyd hellblau 2c.

Form der Oxyde.

Die Oxyde bilden bei gewöhnlicher Temperatur feste Körper von mehr oder minder deutlicher Krystallform. In deutlichen Krystallen werden sie, wie alle krystallisirenden Körper nur dann erhalten, wenn sie sich beim Übergang in den festen Zustand aus ihren Auflösungen nicht plötzlich, sondern

allmälig abscheiden. Die Auflösungen derselben in Wasser eignen sich aber hierzu sehr wenig, weil überhaupt nur äußerst wenige Oxyde, wie die Alkalien und alkalischen Erden, in hinreichender Menge darin auflöslich sind und von diesen wieder einige (die Alkalien) wegen ihrer zu großen Auflöslichkeit — Zerfließlichkeit — nur sehr schwer krystallisiren. Außer dem Wasser bilden nur die ätzenden Alkalien für einige wenigen Oxyde ein indifferentes Auflösungsmittel. So krystallisirt bei langsamem Erkalten das Bleioxyd und Antimonoxyd aus der Auflösung eines Alkali in Wasser oder, wie auch das Kupfer- und Zinkoxyd, nach dem Zusammenschmelzen mit Kali. Das Bleioxyd und die Thonerde scheiden sich aus einer Auflösung in ätzenden Alkalien in Krystallen ab, wenn diese allmälig Kohlensäure aus der Luft anziehen.

Am leichtesten bilden die flüchtigen Metalloxyde (mehrere Metallsäuren) Krystalle bei der Sublimation. Auch bei vielen chemischen Prozessen auf trockenem Wege bilden manche Oxyde Krystalle. So erhält man das Chromoxyd krystallisirt durch Zersetzung des neutralen chromsauren Kalis mittelst Chlorgas in der Rothglühhitze; so krystallisirtes Eisenoxyd durch Zersetzung von Eisenchloriddämpfen mittelst Wasserdämpfen.

Bei weitem in den meisten Fällen werden die Oxyde durch Abscheidung aus ihren auflöslichen Salzen auf nassem Wege erhalten, indem letztere durch die Auflösungen der Alkalien oder alkalischen Erden zersetzt und die Oxyde im unauflöslichen Zustande gefällt werden. Wird diese Zersetzung auf dem Wege der Kunst bewirkt, so erfolgt dieselbe bei der Vermischung beider Auflösungen plötzlich, die Krystalle werden dadurch so klein, daß sie höchstens krystallinische, gewöhnlicher aber nur pulverig erdige bilden, weshalb man sie früher **Metallkalke** nannte, oder sie erscheinen in amorphen, gallertartigen Niederschlägen. Letztere schrumpfen beim Trocknen gewöhnlich zu harten, gesprungenen Massen von glasigem Bruch und dunkler oder ganz schwarzer Farbe zusammen, deren Pulver aber wieder die Farbe des feuchten Niederschlages zeigt.

Nur diejenigen Oxyde, welche in der Natur als Mineralien entstehen, bilden zuweilen die größten und ausgebildetsten Krystalle, wenn man auch dieselben künstlich, sowohl auf nassem, als auf trocknem Wege, nie anders, als in Pulverform erhält, indem über solchen natürlichen Sublimationen und Fällungen weit mehr Jahre oder selbst Jahrhunderte verflossen sein mögen, als über den künstlichen chemischen Operationen Augenblicke.

Die Thonerde und das Eisenoxyd krystallisiren in Rhomboëdern, die arsenige Säure, der Magneteisenstein und das Rothkupfererz in regelmäßigen Oktaëdern, Rutil, Anatas, Zinnstein, Braunit und Hausmannit in quadratischen, Weißspießglanzerz und Manganit in rhombischen Oktaëdern und Brauneisenstein in rhombischen Säulen. Die übrigen Oxyde kommen in der Natur blos krystallinisch oder erdig, Psilomelan amorph vor.

Manche Oxyde zeigen im krystallisirten Zustande eine beträchtliche Härte. Die Zirkonerde ritzt das Glas, die Krystalle der Thonerde und des Chromoxyds schneiden es sogar.

Verhalten der Oxyde zu Magnetismus und Elektricität.

Nur das Eisenoxydul und Eisenoxyduloxyd sind magnetisch, letzteres aber noch stärker, als das metallische Eisen selbst. Blei- und Manganhyperoxyd und wahrscheinlich alle Hyperoxyde sind Leiter der Elektricität. Letzteres steht als negativer Elektromotor dem Gold und Silber nicht nach und ersteres soll darin Gold und Platin noch übertreffen. In zusammenhängenden Massen kommt das Vanadiumsuboxyd dem Bleihyperoxyd gleich, während die höheren Oxydationsstufen des Vanadiums, wie die übrigen Metalloxyde, die Elektricität gar nicht leiten.

Auflöslichkeit der Oxyde.

Die Auflöslichkeit der Oxyde ist sehr verschieden. Der größte Theil derselben ist in den gewöhnlichen Lösungsmitteln so viel wie unauflöslich. Eine bemerkbare Auflöslichkeit in Wasser zeigen im Allgemeinen blos die Alkalien und alkalischen Erden mit Ausnahme der Magnesia. Die Alkalien sind fast in jedem Verhältnisse in Wasser löslich; geringer ist die Löslichkeit der alkalischen Erden, Barythydrat löst sich in 20, Strontianhydrat in 52, Kalkerdehydrat in 400 Theilen Wasser von gewöhnlicher Temperatur, und die Bittererde ist fast ganz unauflöslich, sie braucht über 5000 Theile Wasser zur Auflösung.

Außerdem zeigen nur die Säuren einiger Metalle eine wahrnehmbare Auflöslichkeit. Die Molybdänsäure löst sich in 570, leichter das Molybdänoxyd, die Wolframsäure in 200—300, die arsenige Säure in 100 Theilen Wasser, die Arseniksäure und Chromsäure zerfließen schon an der Luft. Die Osmiumsäure ist gleichfalls leicht auflöslich und die Übermangansäure hat man lange gar nicht im festen Zustande erhalten können. Auch die Vanadiumsäure löst sich etwas auf (in 1000 Theilen kochendem Wasser). Einige Säuren lösen sich selbst in Weingeist, Äther und fetten Ölen. Wenig oder nicht auflöslich ist die Wismuth-, Antimon-, Titan- und Tantalsäure.

Von den andern Metalloxyden sind fast nur Blei-, Silber- und Quecksilberoxyd so viel in Wasser löslich, daß dieses eine schwach alkalische Reaction davon annimmt. Ist von den übrigen auch eins oder das andere nicht absolut unlöslich, so erfordern sie doch so große Mengen von Wasser zu ihrer Auflösung, daß sich kaum ihre Auflöslichkeit überhaupt, noch weniger aber der Grad derselben nachweisen läßt. So soll z. B. das Eisenoxyd, den Versuchen von Bischoff zufolge, 256041 Theile Wasser zu seiner Auflösung erfordern. Die wasserfreien Alkalien und alkalischen Erden ziehen das Wasser mit so großer Heftigkeit an, daß sie sich dabei bedeutend erhitzen mit Ausnahme der Magnesia, welche sich nur allmälig damit verbindet. Die Alkalien gerathen bei richtigem Verhältniß des zugesetzten Wassers selbst in glühenden Fluß.

Geschmack.

Der Geschmack, welcher in der Regel mit der Auflöslichkeit im Zusammenhange steht, ist am auffallendsten bei den leicht löslichen Alkalien; er besteht in einem Gefühl von eigenthümlicher Schärfe und Brennen auf der Zunge und heißt daher laugenhaft nach den Auflösungen der Alkalien — Laugen; bei einiger Concentration zerstören ihre Auflösungen nicht blos die Haut der Zunge, sondern überhaupt alle thierischen Theile, indem sie

dieselben mit Leichtigkeit auflösen — ätzen. In geringerem Grade zeigen diese Eigenschaften die minder löslichen alkalischen Erden mit Ausnahme der unauflöslichen Bittererde, welche geschmacklos ist. Man bezeichnet daher diese auflöslichen Oxyde im säurefreien Zustande mit dem Namen **ätzende** oder **kaustische** Alkalien und alkalische Erden oder **Ätzkali, Ätzkalk** rc., insbesondere im Gegensatze zu ihren kohlensauren Salzen, welche ihnen in manchen andern Beziehungen ähnlich sind. Man nannte daher auch die kohlensauren Alkalien **milde** Alkalien.

Die Erden und Schwermetalloxyde, außer den löslichen Säuren, zeigen vermöge ihrer Unlöslichkeit den Geschmack, welcher ihren auflöslichen Salzen zukommt, größtentheils nicht oder doch nur in sehr geringem Maße, einen schwachen Metallgeschmack.

Geruch.

Geruch ist, insofern er mit der Flüchtigkeit bei gewöhnlicher Temperatur zusammenhängt, mit Ausnahme der flüchtigen Osmiumsäure, welche einen sehr heftigen chloräähnlichen Geruch entwickelt, kaum bei einem Metalloxyde wahrzunehmen.

Wirkung der Metalloxyde auf den thierischen Organismus.

Abgesehen von den mechanischen Zerstörungen, welche die Alkalien und alkalischen Erden auf thierische Gebilde hervorrufen und je nach der Wichtigkeit des ergriffenen oder zerstörten Theiles den Tod von Thieren und Pflanzen herbeiführen können, stehen manche Oxyde, sie mögen auflöslich sein oder nicht, auch noch in sehr kleinen Mengen, in einer so schädlichen Beziehung zum lebenden Organismus, daß sie die heftigsten Gifte für Pflanzen und Thiere sind. Obgleich indeß im aufgelösten Zustande (in ihren Salzen) viele und in einer größeren Quantität alle auf den Organismus feindselig einwirken, so ist doch die Zahl der Oxyde, welche als starke Gifte wirken, bei ihrer geringen Auflöslichkeit weit kleiner, als man dies nach der giftigen Wirkung der Salze erwarten sollte.

Zu den schädlichsten Giften gehören die Oxyde des Arseniks, Quecksilbers, Kupfers und Bleis, weit weniger die des Wismuths, Zinns und Zinks, obgleich ihre Salze schon in sehr kleinen Gaben höchst nachtheilig wirken. Die Baryterde äußert nebst ihrer ätzenden Kraft noch eine eigenthümliche giftige Wirkung, welche sich auch in ihren Salzen findet, während dieselbe der ihr sonst so ähnlichen Strontianerde abgeht.

So schädlich die Verbindungen der Metalle in gewissen Quantitäten auf den gesunden Organismus einwirken, so vortheilhaft kann der eigenthümliche Einfluß, den sie auf die verschiedenen Organe üben, im Erkrankungszustande werden, so daß sie nebst ihren Salzen zu den kräftigsten Arzneimitteln gehören.

Chemisches Verhalten. Verhalten an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur.

Die meisten Oxyde bleiben bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert. Nur wenige zerfließen, wie das Kali, die Chrom- und Arseniksäure; das Natron wird blos feucht, zerfließt aber nicht. Andere ziehen blos Hydratwasser aus der Luft und zerfallen dabei zu Pulver, ohne zu zerfließen oder feucht zu werden, wie Kalk-, Baryt- und Strontianerde. Die Thonerde zieht nur hygroskopisches Wasser an, welches sie in trockener Luft wieder verliert.

Einige Metalloxyde oxydiren sich an der Luft allmälig höher, besonders als Hydrate, und im feuchten Zustande, wie Eisen- und Manganoxydul, indem sie in Oxyde übergehen, Titanoxyd in Titansäure, Vanadiumoxyd in vanadiumsaures Vanadoxyd ꝛc. Einige Suboxyde, wie die des Kaliums, Natriums und Urans können sich auch durch Wasserzersetzung oxydiren. Eisensuboxyd zersetzt das Wasser nur unter Mitwirkung von Säuren. Bleisuboxyd oxydirt sich gleichfalls beim Befeuchten mit Wasser, aber auf Kosten des Sauerstoffs der Luft. Andere, wie Bleihyperoxyd und namentlich die Oxyde der edlen Metalle, verlieren ihren Sauerstoff schon durch Einwirkung des Lichts, wie die Oxyde des Goldes, Silbers und Quecksilbers.

Einige ziehen Kohlensäure aus der Luft an, wie die Alkalien, alkalischen Erden, Blei- und Cadmiumoxyd.

Verhalten bei höherer Temperatur. Schmelzbarkeit.

In höherer Temperatur sind die Alkalien schmelzbar, die alkalischen und eigentlichen Erden nur in der Hitze des Knallgasgebläses, doch sintert die Thonerde auch in schwächerem Feuer etwas zusammen. Von den Schwermetalloxyden sind nur wenige schmelzbar, wie das Antimon-, Blei- und Wismuthoxyd und die Säuren des Chroms, Vanadiums und Molybdäns. Kupferoxyd schmilzt erst bei sehr hoher Temperatur, Osmiumsäure schon weit unter + 100° C.

Flüchtigkeit.

Noch weniger Oxyde sind beim Erhitzen flüchtig. Die Alkalien verflüchtigen sich beim Glühen, die arsenige Säure noch unter ihrem Schmelzpunkt und die Osmiumsäure wenig über + 100° C. Auch die Molybdänsäure, Zink-, Blei-, Wismuth- und Antimonoxyd sind flüchtig.

Zersetzung durch Erhitzen.

In ihrer chemischen Zusammensetzung bleiben die meisten Oxyde beim Erhitzen unverändert, nur die der edlen Metalle, nebst Quecksilber, werden durch Glühen reducirt und die niedrigeren Oxydationsstufen einiger unedlen Metalle werden dadurch höher oxydirt; so verwandelt sich Bleisuboxyd und Zinnoxydul dabei in Oxyd, Eisenoxydul in Oxydoxydul. Bei anderen reduciren sich die höheren Oxyde zu niedrigeren, so die Hyperoxyde und die Wismuthsäure zu Oxyd. Wieder andere werden bei schwachem Erhitzen höher oxydirt, durch stärkere Hitze dagegen wieder auf die niedrigere Oxydationsstufe zurückgeführt. Kobaltoxyd wird bei mäßigem Feuer Hyperoxyd, und Bleioxyd eine Verbindung von Oxyd mit Hyperoxyd (Mennige), während beide in stärkerer Hitze wieder auf die erstere Oxydationsstufe zurückgehen. Quecksilberoxydul zerfällt schon bei + 100° C., und unter Einwirkung des Lichts selbst bei gewöhnlicher Temperatur, in Oxyd und Metall.

Die Hydrate der Oxyde verlieren beim Erhitzen sämmtlich ihren Wassergehalt, nur die Hydrate der Alkalien geben ihn nicht ab, sondern verflüchtigen sich mit ihrem Hydratwasser zugleich. Zinnoxydul- und Kupferoxydhydrat verlieren ihre Hydratwasser schon beim Siedepunkt des Wassers, selbst wenn sie sich unter Wasser befinden.

Zirkonerde, Chrom- und Eisenoxyd zeigen bei einem Temperaturgrade, wo sie ihr Hydratwasser bereits verloren haben, eine Feuererscheinung, ohne dabei in ihrer Zusammensetzung eine Änderung zu erleiden, indem sie in eine, in Säuren schwer oder nicht lösliche, Modification übergehen.

Einige Oxyde verändern beim Erhitzen ihre Farbe; dieselbe stellt sich aber beim Erkalten wieder her. Quecksilberoxyd, Mennige (eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleihyperoxyd) und Chromsäure werden schwarz, beim Abkühlen wieder roth, Zinkoxyd, Tantal- und Titansäure gelb, erkaltet wieder weiß, Wismuthoxyd braun oder schwarz, bei gewöhnlicher Temperatur wieder gelb.

Verhalten zu Säuren,

Sämmtliche Oxyde, welche salzfähige Basen bilden und vorzüglich ihre Hydrate, sind in allen Säuren leicht löslich, mit denen sie sich zu auflöslichen Salzen verbinden, außer der Antimonsäure, den Oxyden des Tantals und der mit Salpetersäure bereiteten Modification des Zinnoxyds. Einige sind nach dem Erhitzen schwer löslich, wie Thonerde, Eisenoxyd und ganz besonders das Eisenoxydul, andere ganz unlöslich, wie das Uranoxydul, das Chromoxyd und die Titansäure. Die Suboxyde werden durch Säuren gewöhnlich in Oxyd und Metall, und die Hyperoxyde in Oxyd und Sauerstoff verwandelt. Die Sauerstoffsäuren verbinden sich direct mit den Oxyden zu Sauerstoffsalzen, die Wasserstoffsäuren der Salzbilder verwandeln sie in Haloidsalze unter Erzeugung von Wasser.

zu Schwefel,

Die Alkalien werden durch Glühen mit Schwefel in Schwefelmetalle, gemengt mit Sulphat, verwandelt[1]), die Schwermetalloxyde in Schwefelmetalle und schweflige Säure, die Erden bleiben unverändert. Kocht man ein Alkali oder eine alkalische Erde mit Schwefel und Wasser, so entsteht Schwefelmetall und unterschwefligsaures Salz. Die Erden bleiben auch hier unverändert. Die Schwermetalloxyde sind in dieser Beziehung noch wenig untersucht.

zu Alkalien.

Mehrere Oxyde lösen sich auch in Alkalien, wie Thon-, Beryll- und Zirkonerde, Uranoxydul, Antimon-, Blei-, Zink-, Zinnoxyd und Zinnoxydul, so wie die Metallsäuren, letztere zum Theil auch in kohlensauren Alkalien, einige, wie Nickel- und Kobaltoxyd blos in ätzendem und kohlensaurem Ammoniak, Cadmiumoxyd allein in ätzendem und Kupferoxyd nur in kohlensaurem Ammoniak oder doch in ätzendem nur, wenn es aus der Luft Kohlensäure anziehen kann. Das Kupferoxyd ist auch in kohlensaurem Kali etwas löslich, in ätzendem Kali und Natron aber nur bei Gegenwart von auflöslichen organischen Körpern, z. B. Zucker.

Außer den auf nassem Wege in Kali und Natron löslichen Oxyden werden beim Zusammenschmelzen auch Platin und Kupferoxyd sowohl von ätzenden als kohlensauren Alkalien aufgelöst. In sehr gesättigter und kohlensäurefreier Kalilauge lösen sich nach Völker auch noch andere Oxyde auf, wie Eisen- und Kobaltoxyd, auch Kupferoxyd ohne organische Substanzen.

Auch manche Salze, besonders Ammoniaksalze, lösen Metalloxyde zu Doppelsalzen auf. So werden Magnesia, Zink-, Kupfer-, Mangan-, Kobalt-, Nickel-, Cadmium- und Antimonoxyd schon bei gewöhnlicher Temperatur, Bleioxyd, Quecksilberoxyd und Oxydul, Zinnoxydul und Wismuthoxyd wenig-

---

1) Über die Einwirkung des Schwefels auf Kali, Natron und die kohlensauren Salze derselben s. Fordos und Gélis, Ann. de Chim. et de Pharm. III. Sér. T. 18. S. 86—98; pharm. Centralb. 1846. S. 792—795.

stens beim Erwärmen in Chlorammonium- und zum Theil auch in salpetersaurer Ammoniaklösung aufgelöst, Silberoxyd zwar nicht in Chlorammonium, aber doch in kohlensaurem, schwefelsaurem, salpetersaurem Ammoniak rc.

Die Suboxyde werden durch Säuren in Metall und Oxyd zersetzt, Bleisuboxyd auch durch Alkalien, Cadmium sowohl durch Säuren, als durch bloßes Erhitzen für sich. Eisensuboxyd wird von verdünnter Säure unter Wasserzersetzung ganz in Oxydul verwandelt, Uransuboxyd schon in bloßem Wasser. Ähnlich verhalten sich einige Oxydule. Silberoxydul wird durch Säuren, Wismuthoxydul durch Salpetersäure in Metall und Oxyd zersetzt. Auch einige Hyperoxyde zeigen diese leichte Zersetzbarkeit. Silber-, Zink- und Manganhyperoxyd werden durch Säuren zu Oxyden reducirt, Manganhyperoxyd in kalten Säuren zu Oxyd, in erwärmten zu Oxydul. Bleihyperoxyd bildet mit Ammoniak Wasser und salpetersaures Bleioxyd.

Reduction der Oxyde s. S. 146.

Reaction auf Pflanzenfarben.

Die basischen Metalloxyde bläuen, wenn sie auflöslich sind wie die Alkalien und alkalischen Erden, geröthetes Lackmuspapier, die Metallsäuren röthen das blaue Lackmuspapier, mehrere derselben trotz ihrer Unlöslichkeit, wie Vanadium-, Antimon-, Titan- und Molybdänsäure, auch Molybdän- und Uranoxyd (wenigstens feuchtes Lackmuspapier). Doch wird von letzterem Campechenholzroth gebläut und die krystallisirte Modification der Arseniksäure reagirt auch auf Lackmusfarbe schwach alkalisch, während dieselbe von der amorphen Modification geröthet wird.

Ausmittelung der Metalloxyde.

Man erkennt die Metalloxyde durch ihre Reactionen auf nassem und auf trockenem Wege, nämlich vor dem Löthrohr, an ihrer Auflöslichkeit oder Unlöslichkeit, Schmelzbarkeit, Farbe rc. im freien und gebundenen Zustande, oder aus der Farbe ihrer Zersetzungsprodukte, namentlich der Schwefelmetalle, an der Entstehung der letzteren durch Schwefelalkalien, oder ebensowohl durch Schwefelwasserstoff, als durch jene, und an der Löslichkeit der Schwefelmetalle in Säuren, in einem Ueberschuß von Schwefelalkalien, oder in keinen von beiden.

Die Oxyde der Schwermetalle geben sich vor dem Löthrohr besonders deutlich durch die Farbe des Glases zu erkennen, welche sie in der inneren (Reductions-) Flamme als niedrigere und in der äußeren (Oxydations-) Flamme als höhere Oxyde mit den alkalischen Salzen feuerbeständiger Säuren, namentlich der Borax- und Phosphorsäure bilden. Man bedient sich hierzu gewöhnlich des Borax (doppeltborsaures Natron) und des Phosphorsalzes (Natron-Ammoniakphosphat). Von beiden werden durch die freie Säure (bei letzterem nach Verflüchtigung des Ammoniaks) im geschmolzenen Zustande die Oxyde zu verschiedenartig gefärbten Gläsern aufgelöst.

Anwendung der Metalloxyde.

Die Alkalien werden als starke und zugleich leicht auflösliche Basen sowohl auf nassem als auf trockenem Wege als Auflösungsmittel für schwer- oder nicht lösliche oder unschmelzbare Säuren, wie die Kieselsäure, und zur Zersetzung der Silicate, zur Fällung der unauflöslichen Oxyde aus ihren auflöslichen Salzen und zur Verseifung der Fette benutzt; die alkalischen Erden vorzüglich vermöge ihrer Verwandtschaft zur Kohlensäure und der

Eigenschaft, unlösliche Verbindungen damit zu bilden, zur Darstellung der ätzenden Alkalien aus ihren Carbonaten, zur Abscheidung der Kohlensäure aus Flüssigkeiten und Gasgemengen, oder als Reagentien auf Kohlensäure. Die Kalkerde bildet einen der wichtigsten Bestandtheile des Bodens.

Da die eigentlichen Erden, bis auf die Thonerde, nur als Seltenheiten in der Natur vorkommen, so sind sie im Allgemeinen von geringem Interesse. Desto wichtiger ist dagegen die Thonerde als ein Hauptbestandtheil des Bodens, ihre Verbindung mit organischen Farbstoffen, worin letztere unauflöslich sind, in der Farbenfabrikation und Färberei und ihr Silicat, der Thon zur Darstellung gebrannter Steine und Gefäße.

Die natürlich vorkommenden Oxyde der Schwermetalle sind die wichtigsten Erze zur Gewinnung der Metalle. Diese sowohl, als die künstlich dargestellten, bilden den größten Theil aller technisch benutzten Farbmaterialien. Einige ihrer niedrigen Oxydationsstufen, wie das Zinn- und Eisenoxydul, benutzt man zu Reductionen, die höheren Oxydationsstufen, wie besonders das Manganhyperoxyd, als Oxydationsmittel, namentlich zur Chlorbereitung aus Chlorwasserstoffsäure, und alle Abtheilungen der Metalloxyde liefern, theils für sich, theils als Salze, die wirksamsten Arzneimittel.

Schwefelmetalle.

Nach den Oxyden zeigen die Schwefelmetalle die ausgedehnteste Verbreitung in der Natur, doch stehen sie jenen in dieser Beziehung schon deswegen weit nach, weil sich das natürliche Vorkommen, vermöge der leichten Zersetzbarkeit der übrigen Schwefelmetalle an der Luft, nur auf die Schwermetalle erstreckt.

Eintheilung und Nomenclatur.

Die natürlich vorkommenden Schwefelmetalle, welche einen Metallglanz besitzen, haben die Mineralogen **Kiese** genannt, wenn sie dabei eine hellere, namentlich gelbe oder röthliche Farbe zeigen[1]), und **Glanze**, wenn ihre Farbe dunkel, namentlich grau oder schwarz, ist. Zeigen sie dagegen keinen Metall-, sondern Diamantglanz und sind dabei durchscheinend, so heißen sie **Blenden**.

In chemischer Beziehung berücksichtigt man bei ihrer Benennung, wie bei den Oxyden, das Verhältniß des Schwefels und das Verhalten der Verbindung als elektronegatives oder elektropositives Schwefelmetall. Nach Analogie der Haloidsalze, welche man im Allgemeinen mit den Namen Chlorete, Jodete ꝛc. und insbesondere, je nachdem sie den Oxyden oder Oxydulen entsprechen, mit Chloride, Chlorüre ꝛc. bezeichnet, hätte man unter **Sulphureten** die Schwefelmetalle im Allgemeinen, unter **Sulphiden** die den Oxyden und unter **Sulphüren** die den Oxydulen entsprechenden Schwefelungsstufen der Metalle zu verstehen, während man die elektropositiven derselben mit **Schwefelbasen**, die elektronegativen mit **Schwefelsäuren** bezeichnet. Berzelius versteht jedoch unter Sulphureten die Schwefelbasen, unter Sulphiden die Schwefelsäuren, während die verschiedenen Schwefelungsstufen von ihm **Sesqui-**, **Bi-**, **Tri-**, **Quadrisulphurete** und die höchste Stufe **Persulphurete**, von Anderen dagegen **Proto-**,

1) Kiese heißen übrigens auch die natürlich vorkommenden Arsenikmetalle.

Deuto-, Tritosulphurete und **Sulphide** benannt werden. Einige nennen die Schwefelmetalle überhaupt **Sulphuride**, während Andere unter Sulphuriden die elektronegativen Schwefelmetalle verstehen.

Um den Verwechselungen zu entgehen, welche diese abweichenden Benennungsweisen zur Folge haben müssen, bleibt nichts übrig, als für die Schwefelverbindungen der Metalle durchweg die deutschen Bezeichnungen beizubehalten, nämlich **Schwefelmetalle, Schwefelsäuren, Schwefelbasen, Einfach-, Zweifach-** oder **Doppelt-, Dreifachschwefelmetall** rc.

Die alkalischen Schwefelmetalle, und nachher auch die erdigen, hießen früher, nach der leberbraunen Farbe der ersteren, **Schwefellebern**.

Die wichtigsten der in der Natur vorkommenden Schwefelmetalle sind: Realgar (Einfachschwefelarsenik), Auripigment (Anderthalbschwefelarsenik), Molybdänglanz, Antimonglanz, Antimonblende (S.-Antimon mit Antimonoxyd), Glaserz (S.-Silber), Sprödglaserz (6 Atom S.-Silber mit 1 Atom S.-Antimon), dunkles Rothgiltigerz (3 At. S.-Silber mit 1 At. S.-Antimon), lichtes Rothgiltigerz (S.-Silber mit S.-Arsenik), Silberkupferglanz (S.-Silber mit S.-Kupfer), Zinnober (S.-Quecksilber), Kupferglanz (Einfachschwefelkupfer), Kupferindig (Doppeltschwefelkupfer), Zinnkies (S.-Kupfer mit S.-Zinn), Fahlerz (S.-Kupfer mit S.-Antimon oder S.-Arsenik), Kupferkies (S.-Kupfer mit S.-Eisen), Wismuthglanz, Bleiglanz, Zinkenit (S.-Blei mit S.-Antimon), Schwarzspießglanzerz (S.-Blei mit S.-Antimon und S.-Kupfer), Nadelerz (S.-Blei mit S.-Kupfer und S.-Wismuth), Zinkblende, Greenockit (Schwefelcadmium, welches außerdem auch in verschiedenen Zinkerzen vorkommt), Haarkies (S.-Nickel), Glanzkobalt (S.-Kobalt mit Arsenikkobalt), Schwefelkies und Graueisenkies (Zweifach-S.-Eisen), Magnetkies (6 At. Einfach-S.-Eisen mit 1 At. Zweifach-S.-Eisen) und Manganglanz.

Darstellung. Man stellt die Schwefelmetalle dar durch Zusammenschmelzen der Metalle oder ihrer Oxyde mit Schwefel, Erhitzen der Metalle in Schwefeldampf, durch Glühen schwefelsaurer Salze mit Kohle, wobei sich die Kohle mit dem Sauerstoff der Säure und der Basis verbindet und Schwefelmetall zurückläßt, die der Schwermetalle[1]) auch auf nassem Wege durch Zersetzung der Oxyde oder Salze durch Schwefelwasserstoff, wobei sich der Sauerstoff des Oxyds mit dem Wasserstoff verbindet und das Metall mit Schwefel, oder endlich die Schwefelverbindungen einiger Schwermetalle, wie Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Uran und Zink durch Zersetzung ihrer Oxyde oder Salze durch alkalische Schwefelmetalle (Schwefelalkalien). Einige Metalle lassen sich blos durch Glühen in Schwefelwasserstoffgas oder Schwefelkohlenstoffdampf mit Schwefel verbinden. Die höhere oder niedere Schwefelungsstufe wird erhalten, je nachdem man das Metall mit mehr

1) Die der Leichtmetalle werden auf nassem Wege durch Schwefelwasserstoff nur schwierig und theilweise in Schwefelmetalle verwandelt. Vgl. Buchner j., Buchner's Repertor. d. Pharm. 2. Reihe. Bd. 9. S. 36—38; pharm. Centralbl. 1838. S. 165.

oder weniger Schwefel zusammenschmilzt, oder das Oxyd oder Oxydul mit Schwefelwasserstoff oder den verschiedenen Schwefelungsstufen der Alkalien zersetzt.

Form. Die Schwefelmetalle sind, wie die Oxyde, künstlich meist sehr schwer in Krystallform zu erhalten, während die natürlich vorkommenden fast sämmtlich sehr deutliche Krystalle bilden. Die Krystallformen gehören meist dem Tesseral- und Hexagonalsystem an. Schwefelkies, Blei- und Manganglanz krystallisiren in Würfeln, Glaserz und Glanzkobalt in regelmäßigen Oktaëdern, Zinkblende in Granatoëdern, Fahlerz in Tetraëdern, Zinkenit und Magnetkies in Dihexaëdern, Molybdänglanz in sechsseitigen Tafeln, Zinnober, das dunkle und lichte Rothgiltigerz in Rhomboëdern. Zu andern Systemen gehören das Realgar in klinorhombischen, Graueisenkies in rhombischen Säulen, Auripigment, Antimonglanz, Spröbglaserz und Kupferglanz in rhombischen Oktaëdern, Schwarzspießglanzerz in rectangulären und Kupferkies in quadratischen Oktaëdern. Die künstlich dargestellten bilden, wenn sie unauflöslich sind, pulverige oder flockige Niederschläge. Auch die auflöslichen krystallisiren nur schwierig.

Farbe. Die alkalischen Schwefelmetalle sind braunroth oder dunkelbraun (leberfarben), die der alkalischen Erden weiß, die der Erden von verschiedener Farbe, z. B. Schwefelaluminium schwarz, Schwefelberyllium grau, Schwefelzirkonium braun, Schwefelthorium gelb. Eben so verschieden ist die Färbung der Verbindungen des Schwefels mit Schwermetallen, nicht blos verschieden bei verschiedenen Metallen, sondern auch bei den verschiedenen Schwefelungsstufen ein und desselben Metalls. Besonders wichtig für Reactionen sind die Farben der Schwefelmetalle, welche man auf nassem Wege als Niederschläge erhält. Bei weitem die meisten sind schwarz, wie die von Silber, Quecksilber, Kupfer, Wismuth, Blei, Nickel, Kobalt, Eisen, Uran, Vanadium; oder dunkel bis schwarzbraun, wie die von Molybdän, Wolfram, Gold, Osmium, Iridium, Platin, Palladium, Rhodium und Einfachschwefelzinn; ziegelroth ist Schwefelmangan; pomeranzengelb Antimon; gelb Arsenik und Cadmium; schmuziggelb Doppeltschwefelzinn; weiß Zink. Chrom wird von Schwefelalkalien als grünes Oxyd gefällt, von Schwefelwasserstoff gar nicht. Im krystallisirten Zustande besitzen sie in der Regel Metallglanz.

Da die Erden, mit Ausnahme der Beryllerde, auf nassem Wege sich nicht mit Schwefel verbinden und Beryllerde auf letzterem eine weiße Verbindung bildet, so ist es ein charakteristisches Kennzeichen der Schwermetallverbindungen mit Ausnahme des Zinks, aus ihren Auflösungen von Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalien als schwarze oder doch als gefärbte Niederschläge gefällt zu werden. Die übrigen Erden, nebst Cerium, Titan, Tantal, werden zwar von Schwefelalkalien auch gefällt, aber als Oxydhydrate mit weißer Farbe.

Auflöslichkeit. Die Schwefelalkalien lösen sich so leicht in Wasser, daß sie an der Luft zerfließen; auch Schwefelbaryum und -Strontium sind ziemlich leicht löslich, Schwefelcalcium und -Magnesium aber sehr wenig. Die übrigen Schwefelmetalle sind so unlöslich in Wasser, daß die kleinsten Mengen ihrer

Chemisches Verhalten. Salze durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen werden. In Schwefelalkalien sind einige löslich, wie Schwefelzinn, Platin, Gold, Antimon, Arsenik und Nickel, indem sie mit jenen Schwefelbasen Schwefelsalze bilden, was gleichfalls sehr wichtig ist für die Unterscheidung der Schwefelmetallniederschläge, wenn die Farbe an sich nicht hinreicht. Durch Säuren werden sie dann wieder gefällt. Die Schwefelmetalle, welche nur von Schwefelalkalien gefällt werden, lösen sich, mit Ausnahme von Schwefelkobalt und Nickel, in verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwickelung zu Sulphaten oder Chlorverbindungen auf, indem sich im ersten Falle der Wasserstoff des Wassers, im zweiten der der Salzsäure mit dem Schwefel verbindet. Durch Salpetersäure oder Königswasser werden auch die übrigen zersetzt. Schwefeleisen und -Mangan zersetzen sich, wenn sie auf nassem Wege dargestellt worden sind, schon beim Trocknen, indem Schwefelwasserstoff entweicht und Metalloxyd zurückbleibt, während sich die ihnen so ähnlichen Schwefelverbindungen des Kobalts und Nickels unverändert trocknen lassen. Die Auflösungen der Schwefelalkalien fangen an der Luft schon nach wenig Minuten an, sich in unterschwefligsaure Alkalien zu verwandeln, Schwefelwasserstoff entweicht, und wenn das Metall mit mehr als 2 Atomen Schwefel verbunden war, so trübt der überschüssige Schwefel die Auflösung; auch die Schwefelmetalle der alkalischen Erden oxydiren sich allmälig unter Schwefelwasserstoffentwickelung und Aufnahme von Kohlensäure.

Erkennung. Die Schwefelmetalle schmelzen meist leichter, als die Metalle für sich. In einer unten geschlossenen Glasröhre sind die meisten feuerbeständig und geben nur überschüssigen Schwefel (das zweite Atom) ab. Nur wenige, wie Schwefelzinn, Schwefelarsenik und Schwefelquecksilber sind flüchtig. Beim Erhitzen in einer offenen Glasröhre entwickeln sie schweflige Säure, auch vor dem Löthrohre entwickeln sie den Geruch nach schwefliger Säure und lassen basisch schwefelsaure Salze oder reine Metalloxyde zurück. Viele Doppeltschwefelmetalle geben einen Theil des Schwefels bei erhöhter Temperatur ab. Mit Soda geben sie Schwefelnatrium, welches beim Übergießen mit Salzsäure oder Schwefelsäure Schwefelwasserstoff entwickelt. Letzteren erkennt man am Geruch, an der Schwärzung eines in Bleisalzauflösung getauchten Papierstreifens und eines mit der feuchten Masse belegten Silberstückes.

Reduction. Die Schwefelmetalle werden reducirt, wenn man sie mit einem Metalle erhitzt, welches größere Verwandtschaft zum Schwefel hat, wie Schwefelquecksilber und Schwefelantimon mit Eisen; einige, wie Schwefelantimon, -Silber und -Wismuth, auch wie die Oxyde durch Wasserstoff, wobei Schwefelwasserstoff entweicht und Metall zurückbleibt. Die gewöhnliche Methode, Schwefelmetalle zu reduciren, ist jedoch, dieselben unter Vermeidung des Schmelzens zu rösten (**abschwefeln**), wobei schweflige Säure entweicht und Metalloxyd zurückbleibt. Die stärksten Basen halten dabei einen Theil des Schwefels als Schwefelsäure zurück. Die Oxyde werden dann, wie S. 146 angegeben wurde, reducirt.

Die Schwefelmetalle, welche sich in der Natur in hinreichender Menge vorfinden, sind wichtig als Erze für die Darstellung der Metalle mit Ausnahme des Schwefeleisens, welches kein vollkommen schwefelfreies, brauchbares Eisen liefert; doch findet dasselbe zur Vitriol-, Schwefel- und Schwefelsäuregewinnung eine um so ausgedehntere Anwendung. Die Schwefelalkalien dienen, wie auch das Schwefeleisen, zur Darstellung von Schwefelwasserstoffgas, und erstere als Reagentien und Scheidungsmittel für die Schwermetalle. Einige Schwefelmetalle finden als Farbstoffe eine technische Anwendung, wie Schwefelarsenik (Auripigment) und Schwefelcadmium als gelbe Farben, Doppeltschwefelarsenik (Realgar) und Schwefelantimon als pomeranzengelbe und besonders das rothe Schwefelquecksilber (Zinnober). Auch in dem so allgemein benutzten blauen Ultramarin scheinen Schwefelmetalle (Schwefeleisen und Schwefelnatrium) die färbenden Bestandtheile zu sein. Mehrere sind Arzneimittel. Anwendung.

Von geringerer Wichtigkeit sind die Verbindungen der Metalle mit andern nichtmetallischen Elementen, wie die Wasserstoff-, Stickstoff-, Phosphor-, Bor- und Kieselmetalle mit Ausnahme des Kohlenstoffeisens, welches beim Eisen, und der Haloidmetalle, welche bei den Salzen Berücksichtigung finden. Verbindungen der Metalle mit andern Elementen.

Von besonderer Wichtigkeit sind in chemischer Beziehung jene vielfach und doppelt zusammengesetzten Verbindungen der Metalle, welche bereits — S. 45 — unter dem Namen der Salze einer genaueren Betrachtung unterzogen worden sind. Wir können uns hier auf die Betrachtung der Sauerstoff- und Haloidsalze beschränken, indem die übrigen noch wenig bekannt (vgl. S. 46. I. a.) und nur von rein wissenschaftlichem Interesse sind. Salze.

So groß auch die Menge der in der Natur vorkommenden Salze ist, so ist doch die Anzahl derselben weit geringer, als die der natürlich vorkommenden Oxyde, und beschränkt sich fast nur auf die Verbindungen der Kieselsäure und Kohlensäure, welche sich durch die große Verbreitung in der Natur und durch ihre allgemeine Unauflöslichkeit auszeichnen. Von den schwefelsauren Salzen kommt fast nur das Kalksulphat, der Gyps, in beträchtlichen Massen vor, die Sulphate der Alkalien und der Talkerde im Meerwasser und in einigen Quellwässern. Die Phosphate finden sich zwar in großer Zahl, aber bei ihrer Unlöslichkeit in kleiner Menge. Noch beschränkter ist das Vorkommen der borsauren Salze. Von den Säuren, welche nur auflösliche Verbindungen bilden, wie die Salpetersäure, und von den Haloidsalzen kommen im festen Zustande blos das salpetersaure Natron und das Chlornatrium in größeren Massen; letzteres auch, nebst Chlorcalcium und Chlormagnesium im aufgelösten Zustande vor. Doch finden sich die vorkommenden Säuren, mit Ausnahme der Kieselsäure, fast sämmtlich nur als Bestandtheile von Salzen in der Natur. Vorkommen.

Man erhält die auflöslichen Salze gewöhnlich dadurch, daß man die Metalle oder ihre Oxyde in der entsprechenden Sauerstoff- oder Wasserstoffsäure auflöst. Die Metalle zersetzen dabei die Wasserstoffsäuren ganz und verbinden sich mit dem Haloid derselben (Chlor, Brom, Jod 2c.) Darstellung.

unter Abscheidung des Wasserstoffs, die Sauerstoffsäuren theilweise, indem sie sich auf Kosten derselben oxydiren und mit dem unzersetzten Theile zu Salz verbinden, während eine geringere Oxydationsstufe als schwächere Säure oder als indifferenter Körper, wie schweflige und salpetrige Säure, Stickstoffoxyd und -Oxydul zurückbleibt, oder sie zersetzen die Säure nicht und oxydiren sich durch Wasserzersetzung (vgl. S. 159 das Verhalten der Metalle zu Säuren).

Die unauflöslichen Salze erhält man durch gegenseitige Fällung auflöslicher Salze, so z. B. phosphorsaures Eisenoxyd durch Fällung eines auflöslichen Eisenoxydsalzes, z. B. des Sulphats mit einem auflöslichen Phosphat, z. B. dem des Natrons.

Auch auf trockenem Wege werden manche Salze gewonnen, so z. B. durch Zusammenschmelzen feuerbeständiger Säuren (Kiesel-, Phosphor- und Borsäure) mit den entsprechenden Basen, so einige Chloride durch Erhitzen der Metalle oder Oxyde in Chlorgas 2c.

Form. Die unauflöslichen Salze bilden, wenn sie natürlich vorkommen, bisweilen sehr große und vollkommen ausgebildete Krystalle oder doch feste Massen von krystallinischem Gefüge; häufig erscheinen sie als erdige Massen, seltner im amorphen oder glasartigen Zustande. Auf künstlichem Wege dargestellt erscheinen die unauflöslichen Salze gewöhnlich als Niederschläge von verschiedener Form, wie pulverig, krystallinisch, flockig, gallertig 2c., nur im geschmolzenen Zustande, wie namentlich die Silicate, als zusammenhängende und zwar meist glasartige Massen.

Die auflöslichen Salze lassen sich auch auf künstlichem Wege sehr leicht in deutlichen und vollkommenen Krystallen darstellen, wenn man ihre Auflösungen langsam und ruhig verdunsten läßt.

Alle Versuche, die Krystallformen der Salze mit ihrer chemischen Constitution in Zusammenhang zu bringen, sind bis jetzt noch erfolglos geblieben, da sowohl die Salze derselben Säuren, als derselben Basen, und selbst ein und dieselben Salze häufig in mehreren Formen erscheinen, die den verschiedenartigsten Krystallsystemen angehören[1]). Die Krystallformen, in denen die meisten Salze vorkommen, sind der Würfel, das regelmäßige Oktaëder und die gerade und schiefe rhombische Säule. In würfligen Krystallen findet man viele Haloidsalze, wie die der Alkalimetalle, das Silberchlorid, Eisenchlorür und Fluorcalcium; in Oktaëdern krystallysiren mehrere Nitrate, wie die von Baryt, Strontian, Blei, Quecksilberoxydul, Kobalt, Nickel, die Sulphate der Thon- und Beryllerde und des Kobalts; in geraden rhombischen Säulen die meisten Salze der alkalischen Erden, nämlich ihre Carbonate, Sulphate und Chloride, ferner die Sulphate des Kali, Ammoniak und Mangans und einige Salze der orga-

1) Über den Zusammenhang, in welchem einzelne Salze in dieser Beziehung stehen, vgl. Isomorphie S. 35 und Mitscherlich, in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 19. S. 449—459 u. 39. S. 196—199 (pharm. Centralbl. 1837. S. 28- 30) u. Wallmark ebendas. 31. S. 196.

nischen Säuren, wie das neutrale und saure weinsaure und das neutrale oxalsaure Kali. Bei Chlorbaryum wird die rhombische Säule zur Tafel, und bei Kalisulphat, Kali- und Kalknitrat durch Abstumpfung der scharfen Seitenkanten zur sechsseitigen Säule. In schiefen rhombischen Säulen krystallisiren die meisten Salze des Natrons und die der meisten organischen Säuren. Die übrigen Krystallformen kommen, wenigstens bei künstlich dargestellten Salzen, nur ausnahmsweise vor, so z. B. das Tetraëder bei chlor- und bromsaurem Natron, beim Kupferchlorür, bei den basischen Doppelsalzen der Blei- und Kupferchloride mit den Chloriden der Alkalien und alkalischen Erden, die quadratische Säule bei arseniksaurem Kali, Bleichlorid und Quecksilberchlorür, die quadratische Tafel bei Kaliumeisencyanür, das Rhomboëder bei salpetersaurem Natron und weinsaurem Antimonoxydkali, beim natürlich vorkommenden Kalk- und Talkerdecarbonat (Kalk- und Talkspath), während der kohlensaure Kalk auch in geraden rhombischen Säulen vorkommt (Aragonit), die gerade rectanguläre Säule beim phosphorsauren Ammoniak und doppeltchromsauren Kali, die schiefe rhomboidische Säule beim schwefelsauren Kupferoxyd und bei mehreren Silicaten (s. d. A.)

Farbe.

Die Salze der Alkalien, der alkalischen und eigentlichen Erden sind im krystallinischen und glasartigen Zustande farblos, als Niederschläge weiß. Die Salze der Schwermetalle zeigen, wie ihre Oxyde, die mannichfaltigsten Färbungen. Häufig ist jedoch die Farbe einiger oder aller Salze ganz verschieden von der des entsprechenden Oxyds.

Farblos sind die Salze des Cerium- und Manganoxyduls, des Silberoxyds, des Lanthans, Zinks, Bleis, Cadmiums, Zinns, Wismuths, Quecksilbers, Titans und Antimons nebst einigen Tellursalzen. Gelbe Salze bildet Cerium-, Eisen- und Uranoxyd, Palladiumoxydul, Gold und zum Theil Wolfram; grüne Nickel, Iridiumoxydul und zum Theil Kupfer, Chrom, Uranoxydul, Wolfram, Tellur und Eisenoxydoxydul; blaugrüne Eisenoxydul, blaue Vanadium und zum Theil Kupfer und Eisenoxydoxydul[1]); violette Manganoxyd und zum Theil Chromoxyd; rothe oder rothbraune Kobalt, Iridiumsesquioxydul, Iridiumoxyd und zum Theil Wolfram und Molybdän; braune Silberoxydul und zum Theil Iridium und Osmium; schwarze zum Theil Eisenoxydoxydul und Tellur.

Mit den gefärbten Metallsäuren bilden auch jene Oxyde farbige Salze, deren Verbindungen mit nichtmetallischen Säuren farblos erscheinen, und die Farbe der übrigen, welche überhaupt farbige Salze erzeugen, erfährt dadurch eine Mischung mit der Farbe dieser Metallsäuren.

Auch das Jod bildet gefärbte Verbindungen mit manchen Metallen, welche sonst farblose Salze bilden. So ist das Quecksilberjodür gelblichgrün,

---

1) Wenn nämlich Oxyd und Oxydul in demselben relativen Verhältnisse wie Cyanür und Cyanid im Berlinerblau ($3 Fe Cy + 2 Fe_2 Cy_3$) stehen, d. h. wo beide Oxyde gleich viel Sauerstoff oder Haloid enthalten; so in einem analogen Sulphat und Phosphat. Vgl. Berzelius, Lehrb. d. Chemie. 5. Aufl. III. S. 620 u. 624.

Blei- und Silberjodid gelb, Quecksilber- und Antimonjodid roth, Zinn- und Wismuthjodid braun.

Von den übrigen Säuren und Haloiden ist die Farbe der Salze selten abhängig.

Auflöslichkeit. Die Salze zeichnen sich vor den Oxyden und Schwefelmetallen durch ihre allgemeine Auflöslichkeit aus. Während von letzteren wenigstens die Schwermetallverbindungen fast ohne Ausnahme so gut wie unauflöslich sind, lösen sich die meisten Verbindungen aller Basen mit den stärkeren Säuren in beträchtlichen Mengen in Wasser auf. Die Nitrate und Chlorete sind fast ohne Ausnahme und auch die übrigen Haloidsalze nebst den Sulphaten bei weitem dem größten Theile nach in Wasser, und von den Haloidsalzen auch viele in Weingeist löslich. Viele Salze zerfließen schon an der Luft, wie die Nitrate der alkalischen und eigentlichen Erden, ferner viele Nitrate und die meisten Chlorete der Schwermetalle. Manche werden blos feucht, ohne zu zerfließen, wie das salpetersaure Natron. Die Salze der schwächeren Säuren, wie der Kohlen-, Borax-, Phosphor- und Kieselsäure und der Metallsäuren sind unauflöslich. Nur bei sehr starken Basen, wie die Alkalien, sind sie auflöslich. Im Überschuß ihrer oder einer andern Säure lösen sich viele (als saure Salze) leicht.

Unter allen Salzen lösen sich die sauren am allgemeinsten und in größter Menge in Wasser auf, am wenigsten aber die basischen. Löst sich daher ein basisches oder ein Neutralsalz nicht in Wasser auf, so läßt es sich doch fast immer durch einen Überschuß seiner oder einer andern (namentlich einer Mineral-) Säure in Wasser leicht auflösen.

Manche Neutralsalze schwächerer Basen, wie die des Antimon- und Wismuthoxyds, werden beim Auflösen in Wasser in ein unauflösliches basisches und in ein auflösliches saures Salz zersetzt. Ein Zusatz von Säure, welcher die ganze Menge des Salzes in ein saueres verwandelt, bewirkt daher eine vollständige Auflösung. Die Salze des Eisenoxyds und anderer schwacher Basen, wie Zirkon- und Thonerde, Cer- und Zinnoxyd, Titan-, Tantal- und tellurige Säure, in gewisser Hinsicht auch Molybdän-, Wolfram- und Vanadinsäure werden beim Erhitzen als basische Salze gefällt, während ein Theil der Säure entweicht und zwar bei um so niedrigerer Temperatur, je verdünnter die Auflösung ist.

Die Löslichkeit oder Unlöslichkeit der Salze nebst der ihrer Oxyde ergibt sich aus nachstehender

Tabelle
über das Verhalten der häufiger vorkommenden Salze zu den gewöhnlichen Lösungsmitteln.

Von den Ziffern bedeutet: **1** löslich in Wasser, **2** nicht oder schwer löslich in Wasser, aber löslich in Säuren, **3** unlöslich in Wasser und Säuren, **1—2** schwer löslich in Wasser, leicht löslich in Säuren. **0** bedeutet, daß die Verbindung nicht existirt, und ein leeres Fach, daß man sie noch nicht oder wenig kennt. Die Haloidsalze und Schwefelmetalle finden sich in den entsprechenden Columnen des Oxyduls und Oxyds.

Basen	Löslichkeitsverhältniß der und ihrer Verbindungen mit Säuren, Haloiden und Schwefel.														
	Blei	Arsenige Säure	Arsensäure	Borsäure	Chlor	Chromsäure	Essigsäure	Jod	Kohlensäure	Oxalsäure	Phosphorsäure	Salpetersäure	Schwefel	Schwefelsäure	Weinsäure
Ammoniak	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Antimonoxyd	2	2	2	2	1		1	1)		1—2			2	2	1
Baryt	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	3	2
Bleioxyd	2	2	2	2	1—3	2—3	1	2	2	2	2	1	2	2—3	2
Cadmiumoxyd	2	2	2	1—2	1		1	1	2	2	2	1	2	1	1—2
Chromoxyd	2 oder 3	2	2	2		2	1	1	2	1	2	1	2	1	1
Eisenoxyd	2	2	2	2	1	1	1	1	0	1—2	2	1	2	1	1
Eisenoxydul	2	2	2	2	1		1	1	2	2	2	1	2	1	1—2
Goldoxyd					1							1	2		
Kali	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kalk	1—2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1—2	1—2	2
Kobaltoxyd	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1
Kupferoxyd	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2
Magnesia	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1—2
Manganoxydul	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1—2
Natron	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nickeloxyd	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2
Platinoxydul	2				(Chlorid) 1			2		1		1	2—3	1	
Quecksilberoxyd	2	2	2	2)	1	1—2	1	2	2	2	2	1	3	1	2
Quecksilberoxydul	2	2	2	1	1—3	2	1—2	2	2	2	2	1	3	1—2	1—2
Silberoxyd	2	2	2	2	3	2	1	3	2	2	2	1	2	1	2
Strontian	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	3	2
Thonerde	2	2	2	2	1	2	1	0	0	2	2	1	3)	1	2
Wismuthoxyd	2	2	2	2	1	2	1	4)	2	2		1	2	1	2
Zinkoxyd	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2
Zinnoxyd	2 oder 3	2	2	2	1	2	1	1)	0	2	2	1	2	1	
Zinnoxydul	2	2	2	2	1	2	1	1	0	2	2	1	2	1	1—2

1) Antimonjodid wird durch Wasser in Jodwasserstoffsäure und Antimonoxyd zersetzt, ebenso Zinnjodid.

2) Borsaures Quecksilberoxyd wird auf nassem Wege nicht erhalten und durch Schmelzen dargestellt wird es beim Kochen mit Wasser zersetzt.

3) Wird im Wasser in Thonerde und Schwefelwasserstoff zersetzt.

4) Zersetzt sich in Jodwasserstoffsäure und zweifach basisches Jodwismuth.

Das Wasser nimmt zuweilen von zwei Salzen zusammen mehr von jedem derselben auf, als wenn dieselben einzeln darin aufgelöst werden, wahrscheinlich, weil sie sich entweder gegenseitig in löslichere Salze zersetzen, oder sich zu leichter löslichen Doppelsalzen verbinden[1]).

Gewöhnlich nimmt die Löslichkeit mit der Temperaturerhöhung zu, jedoch nicht immer in geradem Verhältnisse. Oft nimmt sie auch bei manchen höheren Temperaturgraden wieder ab, was daher rühren mag, daß manche Salze bei gewissen niedrigeren Temperaturen mehr Krystallmassen bilden, als bei höheren.

Die Auflösungen einiger basischen Salze, wie von Eisenoxyd und Thonerde, trüben sich jedoch beim Erhitzen aus einem andern Grunde, nämlich, weil sie sich dabei in ein mehr basisches unauflösliches und ein weniger basisches auflösliches Salz zersetzen.

Geschmack. Mit der Auflöslichkeit hängt auch hier wieder der Geschmack zusammen. Der Geschmack eines Salzes ist um so auffallender, je leichter auflöslich dasselbe ist, und die unlöslichen Salze sind fast geschmacklos. Der eigenthümliche Eindruck, welchen die Salze auf der Zunge hervorbringen, läßt sich mit nichts Anderem vergleichen, man nennt dies daher den salzigen Geschmack. Er hat bei vollkommener gegenseitiger Neutralisation von Basis und Säure mit keiner der beiden letzteren etwas gemein. Obgleich er dem sauren und basischen oder laugenhaften Geschmack an Stärke wenig nachgibt, so ist er doch auch bei stärkerer Einwirkung nicht, wie jene, mit Verletzung und Schmerzgefühl verbunden. Nur die Verbindungen starker Basen mit schwachen Säuren, wie die kohlensauren Alkalien oder starker Säuren mit schwachen Basen, wie die Salze mehrerer Schwermetalle, schmecken ätzend scharf, doch in weit geringerem Grade, als die starken auflöslichen Basen, — die Alkalien — im freien Zustande. Der Geschmack weicht in diesen Fällen wenig von dem der freien Basis oder Säure ab. Basische Salze zeigen in der Regel, wegen ihrer geringen Auflöslichkeit einen nur schwachen Geschmack, die sauren Salze besitzen gewöhnlich den wenig veränderten Geschmack der freien Säure. Bei den Salzen der Alkalien und alkalischen Erden ist der Geschmack im Allgemeinen bitter, nur bei den Haloidsalzen des Kaliums und Natriums zeigt er eine angenehme saure Schärfe. Die Salze der Erden und Schwermetalle zeichnen sich aus durch einen zusammenziehenden Geschmack. Derselbe ist bei den Erden nicht besonders unangenehm und erinnert nebenbei an den Geschmack der treffenden Säure, bei den Sulphaten derselben ist er anfangs zuckersüß und erst hintennach zusammenziehend. Bei den Schwermetallsalzen wird dieser zusammenziehende Geschmack höchst widerlich herb, gemischt mit einem eigenthümlichen Nebengeschmack, welcher verschieden ist nach der Art des Metalles. Man hat daher diesen Geschmack den „metallischen" genannt.

---

1) Vgl. auch Karsten, über die gleichzeitige Auflösung mehrerer Salze in Wasser in Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 22. S. 247—250; pharm. Centralbl. 1841. S. 154—157.

Ein auffallender Geruch ist nur bei sehr wenigen Salzen wahrzunehmen, so bei einigen flüchtigen, wie beim kohlensauren Ammoniak der urinöse Geruch nach Ammoniak, beim Chloraluminium ein Geruch nach Salzsäure, bei Zinn- und Antimonchlorid ein eigenthümlicher scharfer Geruch, oder bei solchen, welche, durch die Kohlensäure der Luft zersetzt, eine riechende Säure entwickeln, wie der Chlorkalk, das Cyankalium, mehrere schwefligsauren und buttersauren Salze. Außerdem entwickeln nur die Schwermetallsalze einen wahrnehmbaren Geruch, doch ist derselbe im Allgemeinen sehr schwach und nur bei den Salzen des Eisens und Zinns von einiger Stärke.

Geruch.

Fast alle Salze üben auf den thierischen Organismus eine nachtheilige Wirkung, wenn sie in den Nahrungskanal gebracht werden; einige, wie die Verbindungen der als giftig bezeichneten Oxyde (vgl. S. 177) mit Säuren und Basen schon in sehr kleinen, die übrigen erst in größeren Quantitäten. Am wenigsten nachtheilig sind in dieser Beziehung die Verbindungen der Alkalien und der Magnesia mit den nichtmetallischen Säuren, sie wirken, auch in großer Menge, blos purgirend, etwa mit Ausnahme ihrer Cyanete. Letztere verlieren jedoch ihre Giftigkeit, wenn sie Doppelsalze mit gewissen Schwermetallcyaneten bilden. So ist z. B. das Cyankalium eines der heftigsten Gifte, während das Kaliumeisencyanür blos eine purgirende Eigenschaft besitzt.

Wirkung der Salze auf den thierischen Organismus.

Schädlicher sind die löslichen Salze der übrigen alkalischen Erden, während die unlöslichen, wie die kohlensaure Kalkerde, blos in großen Massen durch mechanische Anhäufung schaden. Wenn schon das Oxyd an und für sich giftig ist, wie der Baryt, so wirken auch die unlöslichen Salze giftig. Von den wirklichen Erden weiß man blos, daß der Alaun (schwefelsaure Kali-Thonerde) in kleinerer Menge zusammenziehend und verstopfend, in größerer abführend wirkt.

Unter den Schwermetallen, deren Oxyde man nicht zu den Giften rechnet, sind eigentlich blos die Wirkungen der Eisensalze genauer bekannt. Sie wirken ähnlich dem Alaun zusammenziehend und verstopfend, zugleich aber auch stärkend durch ihre Beziehung zum Blut. Bei größeren Mengen rufen sie die allgemeinen Wirkungen der Metallgifte hervor, nämlich Erbrechen, schmerzliche Entzündungen der Gedärme und selbst den Tod. Eine eigenthümliche Wirkung zeigen eigentlich nur die Verbindungen des Bleis, welche sich namentlich durch hartnäckige Verstopfung, Abmagerung und langsame Tödtung charakterisirt, während sich bei den übrigen Metallgiften gewöhnlich Durchfall mit dem Erbrechen verbindet und der Tod in der Regel sehr frühzeitig erfolgt. Doch bilden auch die Schwermetalle zuweilen unter einer ganzen Reihe von giftigen Salzen einzelne fast ganz unschädliche Verbindungen. So ist das Quecksilberchlorid, wie die meisten übrigen Quecksilbersalze, ein starkes Gift, das Chlorür dagegen auch in großen Quantitäten blos ein Abführungsmittel, und wird nur bei anhaltendem Gebrauche schädlich.

Einige Salze, wie Kochsalz, Kalk- und Bittererdephosphat, werden mit den Nahrungsmitteln in kleinen Mengen assimilirt. Die übrigen Salze

werden zwar bisweilen im Organismus zersetzt, dieser sucht sich aber derselben durch vermehrte Ausscheidungen auf alle Weise zu entledigen, und erkrankt oder unterliegt, wenn ihm dies nicht gelingt.

Die Wirkung der Salze auf die Pflanzen s. im speciellen Theil.

Chemisches Verhalten.

Die Neutralsalze verändern die Pflanzenfarben in der Regel nicht, aber die sauren röthen und die basischen bläuen Lackmus. Ebenso wird es von Salzen mit starker Basis und schwacher Säure, wie die Carbonate und Borate der Alkalien, gebläut und von Salzen mit schwacher Basis und starker Säure, wie die Salze der Erden und Schwermetalle, geröthet. Salpetersaures Silberoxyd röthet es nicht.

Krystallwasser.

Die Salze verbinden sich nicht blos mit Körpern von gleicher Stufe der Zusammensetzung, d. h. unter einander selbst, zu Doppelsalzen, sondern auch mit Verbindungen erster Ordnung, nämlich mit Säuren und Basen zu sauren und basischen Salzen und mit gewissen Mengen von Wasser, welches entweder ganz oder nur zum Theil zur Krystallbildung nöthig ist. Man bezeichnet gewöhnlich die ganze Menge dieses chemisch gebundenen Wassers mit „Krystallwasser."

Manche Salze, wie die Haloidsalze und Nitrate der Alkalien und besonders viele Salze des Kali und Silberoxyds, krystallisiren aus ihren wässerigen Auflösungen, ohne daß sie Krystallwasser binden. Andere, wie die Natron- und Magnesiasalze, krystallisiren fast nie anders, als mit Wasser. Das gewöhnlichste Verhältniß ist, daß sich ein Atom Salz mit 1 bis 7 Atomen Wasser verbindet. Bei manchen Salzen geht jedoch diese Wassermenge weit höher, bei den verschiedenen Arten des Alauns bis 24 und beim phosphorsauren Natron zu 25 Atomen. Ein und dasselbe Salz kann unter verschiedenen Umständen eine ungleiche Anzahl von Wasseratomen binden und für jede verschiedene Anzahl eine verschiedene Krystallform annehmen. Dies geschieht namentlich durch Krystallisation bei verschiedenen Temperaturen.

Manche Salze verlieren dieses Wasser durch Verwittern ganz oder theilweise wieder an der Luft, so daß der Rest erst durch Erhitzen entweicht. Die meisten Salze werden bei + 100° C. vollkommen wasserfrei, einige nur bis auf 1 oder 2 Atome, die sie erst bei höherer Temperatur verlieren.

Salze, welche ihr Krystallwasser in der Wärme verloren haben, ohne dabei zu schmelzen, sind sehr hygroskopisch. Sie verbinden sich mit dem aus der Luft angezogenen Wasser entweder in dem früheren oder in einem andern Verhältnisse.

Veränderung an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur. Verwitterung.

Die meisten Salze erhalten sich an der Luft unverändert. Nur wenige verwittern durch Wasserverlust, indem sie zu Pulver zerfallen, wie besonders die Natronsalze, oder nur zum Theil, indem sie sich oberflächlich trüben, wie der Alaun, Borax und Kupfervitriol. Die Salze von schwachen Säuren und Basen erleiden dadurch eine Verwitterung, daß sie von der Kohlensäure der Luft zersetzt werden, wie essigsaures Blei- und Kupferoxyd. In Auflösungen, ebenso bei der Verwesung und Verdauung

organischer Körper verwandeln sich auch die Salze der stärksten Basen, wenn sie schwache organische Säuren enthalten, wie das wein-, äpfel-, citronensaure Kali ꝛc., unter Zersetzung der Säure in kohlensaure Salze. Andere Salze verwittern durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft. So verwandeln sich die Krystalle des grünen Vitriols (schwefelsauren Eisenoxyduls) allmälig in eine braungelbe Masse (Oxydsulphat). Ist das Verwitterungsprodukt leicht auflöslich, so kann es auch zerfließen, wie das bei der Verwitterung des Feldspaths (Kalithonerdesilicat) entstehende kohlensaure Kali, welches nebst der Kieselsäure ausgelaugt wird und das Thonerdesilicat für sich zurückläßt.

Verhalten bei höherer Temperatur. Schmelzbarkeit.

Beim Erhitzen schmelzen die Krystallwasser enthaltenden Salze in diesem Wasser, man nennt dies den **wässerigen Fluß.** Bei fortgesetzter Erhitzung verdampft das Wasser und die Masse wird wieder fest. Feuerbeständige Salze kommen dann durch Steigerung der Temperatur bis zum Glühen aufs Neue in Fluß — **feuriger Fluß.** Beim Erkalten erstarren sie entweder zu undurchsichtigen Massen (**Schmelz, Email**), wie die Sulphate und Phosphate der alkalischen Erden, oder zu durchsichtigen Massen (**Glas**), wie die meisten Phosphate, Silicate und Borate.

Im Allgemeinen sind am leichtesten schmelzbar die Salze des Lithions, etwas schwieriger die des Natrons, dann die Kalisalze, schwieriger noch die Salze des Kalks und noch schwerer die Baryt- und Strontiansalze. Berücksichtigt man die Säure oder den elektronegativen Bestandtheil des Salzes, so sind am leichtesten schmelzbar die Chlorete von Zinn, Blei, Silber, Quecksilber und Antimon; ihnen folgen die Nitrate, dann die Chlorete und endlich die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden. Durch allgemeine Schmelzbarkeit zeichnen sich besonders die Silicate, Borate und Phosphate aus. Die Carbonate sind mit Ausnahme der alkalischen unschmelzbar. Die Salze der Erden und Schwermetalle, mit Ausnahme der Silicate, Borate, Phosphate und einiger Chlorete, so wie sämmtliche Carbonate außer den alkalischen, werden beim Erhitzen, noch vor dem Schmelzen, unter Zurücklassung von Oxyd oder basischem Salz, zersetzt, die Nitrate aber ohne Ausnahme, theils vor, theils nach dem Schmelzen.

Die meisten Salze erfordern Glühhitze zum Schmelzen, manche werden aber auch weit früher flüssig, so die alkalischen Nitrate noch weit unter Glühhitze, Cyankalium bei schwachem, am Tageslichte gar nicht sichtbaren Rothglühen; Zinnchlorid selbst bei einer Kälte von 29° C.

Die Verbindungen der Alkalien und alkalischen Erden mit organischen Säuren werden in der Hitze in kohlensaure Salze zersetzt, die der Schwermetalle werden dabei in freies Oxyd oder in Metall verwandelt.

Doppelsalze schmelzen in der Regel weit leichter, als die Salze, aus denen sie bestehen, für sich. So wird das kohlensaure Natron weit leichter flüssig durch Zusatz eines Äquivalentes kohlensauren Kalis, obgleich letzteres für sich weit schwerer schmilzt, als das kohlensaure Natron. So erhält man durch Zusammenschmelzen von 2 Äq. schwefelsauren Natrons mit 1 Äq. Chlornatrium und von Kalisulphat mit Natronsulphat sehr leicht

flüssige Verbindungen, während diese Salze für sich einer starken Glühhitze zum Schmelzen bedürfen. Das Gemenge von Natronsulphat mit Chlornatrium eignet sich insbesondere als Decke für gewisse Substanzen, welche bei Luftabschluß erhitzt werden sollen, weil es nicht, wie das letztere, beim Erstarren springt.

Flüchtigkeit. Manche Salze verflüchtigen sich beim Erhitzen, wie die Carbonate und Haloidsalze der Alkalien und mehrere Chlorete der Schwermetalle. Am leichtesten verflüchtigen sich die Ammoniaksalze. Enthalten letztere feuerbeständige Säuren, so entweicht blos das Ammoniak mit Zurücklassung der Säure.

Verhalten zu Säuren und Basen. Von Säuren werden basische Salze je nach der Menge der ersteren in neutrale oder basische Salze verwandelt; die neutralen Salze werden nur von stärkeren Säuren, als die ihrige ist und zwar dann zur Hälfte in ein Neutralsalz der vorhandenen und zur Hälfte in ein saures Salz der hinzutretenden Säure verwandelt, wenn die Menge der letzteren nur für die Hälfte ihrer Basis hinreicht. Schwächere Säuren haben in kleinerer Menge keine Einwirkung, in größerer ziehen sie einen Theil der Basis an, so daß zwei saure Salze entstehen. Saure Salze werden, wenn sie schon im höchsten Verhältniß mit ihrer Säure in Verbindung stehen, von einer weiteren Menge ihrer oder einer schwächeren Säure nicht verändert. Ist dagegen die Säure stärker, so werden sie davon entweder zum Theil zersetzt, oder, wenn sie für die ganze Menge der Basis ausreicht, so werden sie wie die basischen und neutralen Salze vollständig in Neutral- oder saure Salze der letzteren Säure verwandelt.

Kommt eine freie Basis zu einem sauren Salze, so theilt sie sich mit der Basis des Salzes in die Säure, es entsteht ein neutrales Doppelsalz. Neutrale und basische Salze werden nur von stärkeren Basen, als die ihrigen zersetzt.

Für die Ordnung, in welcher eine Säure oder Basis eine andere aus einem Salze verdrängt, läßt sich kaum ein allgemein giltiges Gesetz aufstellen, weil die Reihenfolge der Säuren bei jeder Basis und die der Basen bei jeder Säure verschieden ist. Am häufigsten folgen sich die am meisten vorkommenden Säuren in nachstehender Ordnung: Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Jodwasserstoffsäure, Phosphorsäure, schweflige Säure, Borsäure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoffsäure, Cyanwasserstoffsäure. Es folgt nun zuerst eine Verwandtschaftstafel der Reihenfolge der verschiedenen Säuren für die verschiedenen Basen und dann die der Basen nach Kastner, worin die voranstehende gewöhnlich die nachfolgende aus ihrer Verbindung mit der angegebenen Basis oder Säure abzuscheiden vermag.

Verwandtschaftstafel der Säuren auf nassem Wege. **Kali**: Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlorwasserstoff-, Phosphor-, Fluorwasserstoff-, Oxal-, Weinstein-, Arsenik-, Bernstein-, Citronen-, Äpfel-, Ameisen-, Essig-, Benzoë-, Borax-, Chrom-, schweflige, salpetrige, Kohlen-, Cyanwasserstoff-, Schwefelwasserstoff-, arsenige und Kieselsäure, Thonerde, Fettsäuren, Wasser.

Dasselbe nach Gmelin: 2 Atome Molybdänsäure, Unterschwefelsäure, Chromoxyd, 2 At. Kleesäure, 2 At. Weinsäure, Schwefel-, Selen-, Salpeter-, Überjod-, Überchlor-, Fluorwasserstoff-, Chlorwasserstoff-, Phosphor-, Arsenik-, Jod-, Brom-, Chlor-, Bromwasserstoff-, Chrom-, phosphorige, Jodwasserstoff-, selenige, salpetrige, schweflige, Übermangan-, Mangan-, Borax-, Kohlen-, arsenige, Selenwasserstoff-, Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffsäure.

Natron und **Ammoniak** verhalten sich zu den Säuren wie Kali.

Lithion: Phosphor-, Schwefel-, Essig- und Kohlensäure.

Baryt: Schwefel-, Oxal-, Bernstein-, Fluorwasserstoff-, Salpeter-, Chlorwasserstoff-, Phosphor-, Citronen-, Weinstein-, Arsenik-, Essig-, Bor-, schweflige, salpetrige und Kohlensäure, Chlor-, Cyanwasserstoffsäure, Fettsäuren, Wasser.

Strontian: Schwefel-, Phosphor-, Oxal-, Weinstein-, Salpeter-, Chlorwasserstoff- und Bernsteinsäure.

Kalk: Oxal-, Schwefel-, Wein-, Bernstein-, Phosphor-, Salpeter-, Chlorwasserstoff-, Fluorwasserstoff-, Kork-, Arsen-, Citronen-, Benzoe-, Essig-, Borax-, Kohlen-, Schwefelwasserstoff-, Cyanwasserstoff- und arsenige Säure, Thonerde, Fettsäuren, Wasser.

Magnesia: Oxal-, Schwefel-, Fluorwasserstoff-, Arsenik-, Bernstein-, Salpeter-, Chlorwasserstoff-, Phosphor-, Weinstein-, Citronen-, Äpfel-, Essig-, Borax- und Kohlensäure.

Thonerde: Schwefel-, Salpeter-, Chlorwasserstoff-, Oxal-, Arsenik-, Fluorwasserstoff-, Weinstein-, Bernstein-, Honigstein-, Phosphor-, Essig- und Boraxsäure, Farbstoffe, Fettsäuren, Wasser.

Manganoxyd: Gallus-, Oxal-, Citronen-, Phosphor-, Weinstein-, Fluorwasserstoff-, Chlorwasserstoff-, Schwefel-, Bernstein-, Arsenik-, Essig-, Cyanwasserstoff- und Kohlensäure.

Eisenoxyd: Gallus-, Oxal-, Weinstein-, Schwefel-, Chlorwasserstoff-, Phosphor-, Arsenik-, Bernstein-, Citronen-, Borax- und Kohlensäure.

Kobaltoxyd: wie Eisenoxyd.

Nickeloxyd: Gallus-, Oxal-, Chlorwasserstoff-, Schwefel-, Weinstein-, Salpeter-, Phosphor-, Bernstein-, Essig-, Arsenik-, Borax- und Kohlensäure.

Kupferoxyd: Gallus-, Weinstein-, Chlorwasserstoff-, Schwefel-, Arsenik-, Phosphor- und Kohlensäure.

Silberoxyd: Gallus-, Chlorwasserstoff-, Knall-, Oxal-, Schwefel- und Phosphorsäure, Fettsäuren, Salpeter- und Essigsäure.

Quecksilberoxyd: Gallus-, Chlorwasserstoff-, Oxal-, Bernstein-, Arsenik-, Phosphor-, Schwefel-, Weinstein- und Salpetersäure.

Bleioxyd: Gallus-, Schwefel-, Oxal-, Arsenik-, Weinstein-, Phosphor-, Chlorwasserstoff-, Fluorwasserstoff-, Bernstein-, Essigsäure und Fettsäuren.

Zinnoxyd: Gallus-, Chlorwasserstoff-, Schwefel-, Oxal-, Weinstein-, Arsenik-, Phosphor- und Bernsteinsäure.

Zinkoxyd: Gallus-, Oxal-, Schwefel-, Weinstein-, Phosphor-, Citronen-, Bernstein-, Borax- und Kohlensäure.

Wismuthoxyd: Gallus-, Oxal-, Arsenik-, Weinstein-, Phosphor-, Schwefel-, Salpeter-, Chlorwasserstoff-, Fluorwasserstoff-, Citronen-, Essig-, Cyanwasserstoff-, Kohlensäure und Fettsäuren.

Verwandtschaftstafel der Basen auf nassem Wege.

Die Verwandtschaft der Basen zu den Säuren folgt nach Dumas im Allgemeinen etwa in nachstehender Ordnung: Kali, Natron, Lithion, Baryt, Strontian, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul, Blei-, Silber-, Cadmiumoxyd, Quecksilberoxydul, Quecksilber-, Zink-, Kupferoxyd, Thonerde, Eisen-, Mangan-, Antimonoxyd, Zinnoxydul, Wismuth-, Platin-, Gold-, Zinnoxyd. Für die einzelnen Säuren gelten folgende Reihen:

Schwefelsäure: Baryt, Strontian, Kalk, Kali, Natron, Lithion, Ammoniak und Magnesia, Thonerde und Schwermetalloxydule, Schwermetalloxyde.

Dieselbe nach Gmelin: Baryt, Strontian, Kali, Natron, Lithion (?), Kalk, Magnesia, Bleioxyd, Ammoniak, Eisenoxydul, Zink-, Nickel-, Kobalt- und Kupferoxyd, Thonerde, Eisenoxyd.

Chlorwasserstoffsäure: Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Ammoniak und Magnesia, Thonerde, Zirkonerde, Schwermetalloxyde.

Dieselbe nach Gmelin: 4 At. Bleioxyd (als basisches Salz), Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Ammoniak, Kobalt, Nickel, Quecksilber, Ceriumoxydul, Zinkoxyd, Mangan-, Eisen- und Uranoxydul, Goldoxyd (?), Kupferoxydul, Kupferoxyd, Zinnoxydul, Beryllerde, Thonerde, Uranoxyd, Chrom-, Eisen-, Zinn-, Wismuth- und Antimonoxyd.

Dieselbe nach Persoz: Magnesia, Kobalt-, Nickel-, Quecksilberoxyd, Ceriumoxydul, Zinkoxyd, Mangan-, Eisen-, Uran-, Kupferoxydul, Kupferoxyd, Zinnoxydul, Beryllerde, Thonerde, Uran-, Eisen-, Zinn-, Wismuth- und Antimonoxyd.

Fluorwasserstoffsäure: Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak, Beryll- und Yttererde, Thonerde, Metalloxydule und Oxyde.

Salpetersäure nach Gmelin: Kali, Natron, Lithion, Baryt, Strontian, 6 At. Bleioxyd, Kalk, Magnesia, Ammoniak, Silber-, Kobalt-, Nickeloxyd, Ceriumoxydul, Zinkoxyd, Manganoxydul, Cadmiumoxyd, Kupferoxyd, Beryllerde, Thonerde, Uranoxyd, Chromoxyd, Quecksilberoxydul, Quecksilberoxyd, Eisenoxyd, Wismuthoxyd.

Dieselbe nach Persoz: Magnesia, Silber-, Kobalt-, Nickel-, Cerium- und Zinkoxyd, Manganoxydul, Blei-, Cadmium-, Kupferoxyd, Beryllerde, Thonerde, Uranoxyd, Quecksilberoxydul, Quecksilberoxyd, Eisenoxyd, Wismuthoxyd.

Phosphorsäure: Kalk, Baryt, Strontian, Lithion, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak, Thonerde.

Dieselbe nach Gmelin: Baryt, Strontian, Kalk, Kali, Natron.

Boraxsäure wie Phosphorsäure.

Kohlensäure wie Schwefelsäure.

Oxalsäure nach Gmelin: Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak. Nach Kastner wie Phosphorsäure.

Weinsteinsäure wie Oxalsäure.

Citronensäure: Baryt, Kalk, Kali, Natron, Strontian, Magnesia, Ammoniak, Thonerde, Schwermetalloxyde.

Benzoësäure wie Phosphorsäure.

Bernsteinsäure: Baryt, Strontian, Kalk, Kali, Natron, Magnesia, Ammoniak, Beryllerde, Thonerde, Metalloxyde.

Essigsäure: Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Ammoniak, Thonerde, Schwermetalloxyde.

Ameisensäure: Baryt, Kali, Natron, Ammoniak, Kalk, Magnesia, Thonerde, Metalloxyde.

Äpfelsäure: Baryt, Strontian, Kali, Natron, Kalk, Ammoniak, Magnesia, Beryll-, Thon-, Zirkonerde, Schwermetalloxydule, Oxyde.

Cyanwasserstoffsäure: Kali, Natron, Ammoniak, Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia, Schwermetalloxyde.

Schwefelwasserstoffsäure: Baryt, Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Ammoniak, Schwermetalloxyde.

Solche Verwandtschaftstafeln sind indessen nur als Versuche anzusehen, sich der Wahrheit zu nähern, welche durch die allgemeinen Verwandtschaftsgesetze (s. S. 19) eine Unzahl von Ausnahmen erleiden.

Verhalten der Salze zu andern Salzen.

Die Salze zersetzen sich nicht selten gegenseitig, so daß jedesmal die stärkere Säure mit der stärkeren Basis in Verbindung tritt und die schwächere Basis der schwächeren Säure überläßt, wenn dies nicht schon zuvor der Fall war. Häufig tritt aber auch der umgekehrte Fall ein, wenn die schwächere Basis mit der stärkeren Säure oder die stärkere Basis mit der schwächeren Säure eine unauflösliche Verbindung bildet. Viele Salze bilden bei ihrem Zusammentreffen entweder ohne oder nach der Zersetzung Doppelsalze, welche sich durch Krystallform, Auflöslichkeit und andere Eigenschaften von den einzelnen Salzen im freien Zustande unterscheiden.

Verhalten der Salze zu Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor und Kohle auf nassem Wege.

Die Salze werden nicht blos von Säuren, Basen und andern Salzen zersetzt, sondern auch von gewissen Elementen. Wasserstoff wirkt, aber nur im Augenblicke seines Freiwerdens, desoxydirend auf die Salze mancher Oxyde, z. B. das des Eisens, welches dadurch in Oxydul übergeht. Schwefel wirkt auf nassem Wege für sich nicht auf die Salze, wohl aber werden die der Schwermetalle durch doppelte Wahlverwandtschaft mittelst Schwefelwasserstoff oder ein lösliches Schwefelmetall in unauflösliche Schwefelmetalle verwandelt, indem sich der Sauerstoff der Salzbasis mit dem Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs oder mit dem Metall des einwirkenden Schwefelmetalles verbindet. Manche Oxydsalze, wie die des Eisenoxyds, werden davon in Oxydulsalze verwandelt. Auch Phosphor reducirt die Salze schwierig desoxydirbarer Schwermetalloxydsalze zu Oxydulsalzen, z. B. die des Eisenoxyds, leichter reducirbare, wie die Kupferoxydsalze, vollständig zu Metall. Das Chlorgas bewirkt die

vollkommene Oxydation der Oxydule in Salzen durch Wasserzersetzung, indem es dessen Wasserstoff anzieht, so daß der Sauerstoff auf das Oxydul übergeht.

Die Kohle übt zwar auf nassem Wege keine chemische Wirkung auf die Salze, wohl aber jene mechanische, vermöge welcher sie überhaupt in Flüssigkeiten aufgelöste Substanzen an ihrer Oberfläche festhält. Sie vermag, wenn sie in gehöriger Menge angewendet wird, namentlich basische Schwermetallsalze so vollständig aus ihren Auflösungen zu entfernen, daß nichts mehr in der Flüssigkeit zurückbleibt. Mehrere Neutralsalze dagegen werden davon aus ihrer wässerigen Auflösung nicht niedergeschlagen.

Die reducirenden Wirkungen regulinischer Metalle auf Salzlösungen sind schon S. 146 berücksichtigt worden.

Verhalten zu organischen Stoffen.

Viele organische Substanzen, wie die verschiedenen Zuckerarten, Stärkmehl, Weingeist, Kreosot, manche Pflanzenbasen, wie Cinchonin und Morphium, und selbst mehrere organische Säuren, wie Ameisensäure, Citronen-, Essig- und Weinsäure verwandeln, besonders beim Erwärmen, die Oxyde der Schwermetallsalze in Oxydule. Aber nur Quecksilber und die edlen Metalle werden dabei regulinisch gefällt. Die Oxalsäure reducirt nur das Gold und hindert selbst bei den übrigen Metallen die Reduction, welche andere desoxydirende Substanzen sonst einleiten.

Die Ordnung, in welcher die verschiedenen Säuren und Basen die Salze auf trockenem Wege zersetzen, ist noch nicht genau entwickelt. Kastner gibt hierüber folgende Zusammenstellung, in der die vorangehende Säure oder Basis immer die nachfolgende aus ihren Verbindungen zu verdrängen vermag:

Verwandtschaftstafel der Säuren auf trockenem Wege.

Kali: Phosphor-, Borax-, Arsenik-, Wolfram-, Mangan-, Kieselsäure, Thonerde, Schwefelsäure. — Eben so Natron und die alkalischen Erden.

Thonerde als Basis: Phosphorsäure, Boraxsäure.

Dieselbe als Säure: Baryt, Strontian, Kalk.

Kieselsäure: Kali, Natron, Schwermetalloxyde.

Erkennung der Salze

Um die Natur eines Salzes zu erkennen, verfährt man nach der allgemeinen Regel der Untersuchung, d. h. man unterwirft es nach gehöriger Würdigung seiner physikalischen Eigenschaften zuerst einer Prüfung auf trockenem Wege mit dem Löthrohr, insofern diese gewöhnlich den Gang bei der Untersuchung auf nassem Wege bestimmt.

auf trockenem Wege.

Man untersucht zuerst die Flüchtigkeit und die Schmelzbarkeit für sich oder mit Flußmitteln, wie Borax oder Phosphorsalz (vgl. S. 180), oder zur Reduction mancher Schwermetalle, oder Aufschließung in Wasser unlöslicher Silicate mit Soda. Die alkalischen Silicate sind alsdann als basische in Wasser, die übrigen in Säuren auflöslich. Beim Erhitzen in einer Glasröhre gibt sich ein Gehalt an Wasser zu erkennen, indem letzteres den kälteren Theil der Röhre mit kleinen Tropfen beschlägt. Viele Salze lassen sich an der Färbung der Flamme erkennen.

Erkennung der Salze auf nassem Wege.

Hierauf versucht man das zu untersuchende Salz der Reihe nach in kaltem und kochendem Wasser, Weingeist, Säure (Salz- oder Salpetersäure) oder der Auflösung eines Alkali zu lösen, ermittelt in ersterem Fall die saure, basische oder neutrale Reaction auf Pflanzenfarben und prüft dann zuerst auf die Basis, indem man durch die passenden Reagentien zuerst die Hauptabtheilung, dann die Unterabtheilung, Gruppe und endlich die Art des Metalles zu erforschen sucht.

Ermittelung der Basis.

Erhält man durch Schwefelwasserstoff weder für sich, noch auf vorherigen Zusatz von Alkali oder Säure einen Niederschlag, so weiß man, daß die Substanz zu den Salzen der Leichtmetalle gehört, im umgekehrten Fall zu den Schwermetallen. Erhält man hierauf in einer andern Probe durch kohlensaures Ammoniak keinen Niederschlag, so gehört die Basis den Alkalien an, im entgegengesetzten Fall den Erden. Zeigt sich im ersteren Fall auf Zusatz von überschüssiger Weinsäure ein Niederschlag, so zeigt dies Kali, wenn nicht, Ammoniak oder Natron an. Letztere beiden unterscheiden sich wieder dadurch, daß das Ammoniak als flüchtige Basis sich am Geruch 2c. (s. d. A. Ammoniak) auf Zusatz von Ätzkali oder Natron zu erkennen gibt; widrigenfalls wäre Natron vorhanden.

Die Abtheilung der Erden läßt sich ebenso wieder in Unterabtheilungen bringen. Erhält man durch Schwefelsäure einen in Salpetersäure unlöslichen Niederschlag, so ist entweder Baryt oder Strontian vorhanden, wenn nicht: Kalkerde, Magnesia oder eine eigentliche Erde, die dann weiter mittelst den am treffenden Orte aufgeführten Reagentien unterschieden werden.

Erhält man durch Schwefelwasserstoff in der sauren Auflösung einen schwarzen oder sonst gefärbten Niederschlag, so kann die Auflösung alle Schwermetalle enthalten, außer Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Zink und Chrom, im Gegentheil die letzteren, nebst Thonerde.

Digerirt man den erhaltenen Niederschlag mit Schwefelwasserstoffammonium, so kann der Auszug (die Flüssigkeit) enthalten Zinn, Platin, Gold, Antimon, Arsenik, während ein sich ergebender Rückstand enthalten könnte Cadmium, Blei, Wismuth, Kupfer, Quecksilber und Silber. Ist nur eines dieser Metalle für sich vorhanden, so erkennt man einige sogleich an der Farbe des Niederschlags, den man auch in der Auflösung von Schwefelwasserstoffammonium wieder durch Zusatz von Säure erhält. So gibt Antimon einen pomeranzengelben, Arsenik und Cadmium einen citronengelben und Zinnoxyd einen schmuziggelben Niederschlag, die übrigen Metalle aber schwarze oder dunkelbraune Fällungen.

In den letzteren Niederschlägen müssen dann die einzelnen Metalle durch ihre specifischen Reagentien erkannt werden. Man löst daher die ersteren in Salpetersäure oder Königswasser. Kaliumeisencyanür fällt aus der Auflösung das Kupfer mit rothbrauner Farbe, während die übrigen entweder gar nicht, wie Platin, Gold, Antimon und Arsenik, oder mit weißer Farbe gefällt werden.

Mit Schwefelsäure oder schwefelsauren Salzen gibt ein weißer Niederschlag blos das Blei zu erkennen.

Ein weisser Niederschlag durch Chlornatrium zeigt Silberoxyd oder Quecksilberoxydul an. Verschwindet der Niederschlag durch Ammoniak, so ist er Silber, bleibt ein schwarzer Rückstand, so ist derselbe Quecksilberoxydul.

Erzeugt Kali oder ein Kalisalz einen gelben Niederschlag, so kann derselbe nur Platin — erzeugt Zinnchlorür einen purpurrothen — nur Gold sein. Umgekehrt wird Zinnchlorür durch Goldchlorid erkannt. Kommen Arsenik, Cadmium und Zinn in einem durch Schwefelwasserstoff erzeugten gelben Niederschlag vor, so zieht kohlensaures Alkali blos Schwefelarsenik aus, während sich dann Zinn durch Auflösung in ätzendem Alkali von Cadmium trennen läßt.

Die aus einer sauren Auflösung durch Schwefelwasserstoff nicht fällbaren Metalle, nämlich Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Zink und Chrom werden durch Schwefelwasserstoffammonium niedergeschlagen. Mangan wird dabei mit fleischrother, Zink mit weißer, Chrom mit grüner Farbe, letzteres nicht als Schwefelmetall, sondern als Oxyd gefällt.

Eisen unterscheidet sich von Nickel und Kobalt durch den blauen Niederschlag, welchen seine Salze mit Kaliumeisencyanür bilden, während beide andern grün gefällt werden. Aus dem Schwefelniederschlage wird Eisen von verdünnter Salzsäure ausgezogen, während Kobalt und Nickel zurückbleiben. Die Salze des ersteren geben mit Ätzkali blaue und mit kohlensaurem Kali rosenfarbene, mit Nickel dagegen beide weißlichgrüne Niederschläge. Sind beide Oxyde zusammen vorhanden, so werden sie in ätzendem Ammoniak gelöst, Ätzkali schlägt aus dieser Lösung blos Nickeloxyd nieder.

Ermittelung der Säure eines Salzes.

Erst nachdem die Basis ermittelt ist, geht man zur Erforschung der Säure oder des Haloids über, weil man schon auf eine Eintheilung derselben durch die Berücksichtigung geleitet wird, daß die gefundene Basis mit gewissen Säuren lösliche, mit andern unlösliche Salze bildet. Übrigens sucht man auf ähnliche Weise zuerst die Haupt- und Unterabtheilungen der Säuren, und dann jede einzeln durch specifische Reagentien zu ermitteln.

Inorganische Säuren.

Die **Metallsäuren** werden schon bei dem Aufsuchen der Basen gefunden.

Die Kohlensäure gibt sich auf Zusatz von Salzsäure durch Aufbrausen zu erkennen, ebenso die Hydrothionsäure, welche sich durch Zersetzung von Schwefelmetall und Wasser mittelst Salzsäure entwickelt. Letztere unterscheidet sich aber von der ersteren durch den Geruch und durch Schwärzung eines darüber gehaltenen, in Bleisalzlösung getauchten, Papierstreifens.

Eine andere Probe wird mit Chlorbaryum versetzt. Ein in überschüssiger Salzsäure unauflöslicher Niederschlag zeigt Schwefelsäure an.

Einer mit Ammoniak neutral oder schwach alkalisch gemachten Probe setzt man Gypsauflösung zu. Entsteht ein Niederschlag, so ist derselbe Phosphorsäure, wenn er sich in Essigsäure wieder auflöst, oder Oxalsäure, wenn nicht.

Bleibt eine mit Salpetersäure angesäuerte Probe auf Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd klar, so fehlen Chlor und Jod sicher und Cyan könnte nur an Quecksilber gebunden sein. Um es aber in dieser Verbindung nachzuweisen, versetzt man die Lösung mit Salzsäure und metallischem

Eisen. Metallisches Quecksilber wird abgeschieden, Cyanwasserstoffsäure und Eisenchlorür gebildet. Auf Zusatz von Alkali und nachher von Salzsäure, um das überschüssige Eisenoxyd wieder aufzulösen, entsteht ein blauer Niederschlag von Eisencyanürcyanid.

Entsteht dagegen in der sauren Flüssigkeit durch Silbernitrat ein weißer Niederschlag, so hat man Chlor, wenn er sich leicht, und Cyan, wenn er sich schwieriger und erst in größerer Menge von Ammoniak auflöst. Ersteres bestätigt sich, wenn auch salpetersaures Quecksilberoxydul einen Niederschlag von Chlorür bildet, im Gegentheil entsteht lösliches Cyanid. Löst sich der Niederschlag gar nicht in Ammoniak, so ist Jod vorhanden, worüber die Stärkmehlreaction noch mehr Bestätigung gibt (s. Jod S. 142).

Unlösliche Brommetalle entwickeln beim Erhitzen gelbrothe chlorähnlich riechende Dämpfe, die sich bei hinreichender Menge am kältern Theile des Gefäßes zu kleinen Tropfen von derselben Farbe verdichten. Wird die Auflösung eines Brommetalls mit Chlorwasser und Äther geschüttelt, so bleibt oder wird sie farblos; der Äther aber wird braunroth oder gelb.

Das Fluor, die Salpeter-, Bor- und Kieselsäure werden gleichfalls mit den an den treffenden Orten angegebenen Reagentien ermittelt.

Organische Säuren.

Um ein Salz auf eine organische Säure zu untersuchen, welche sich schon durch ihre Verflüchtigung oder Zerstörung unter Hinterlassung eines Carbonats oder freien Metalls vor dem Löthrohre zu erkennen gibt, versetzt man eine Probe der wässerigen Lösung mit Ammoniak bis zur schwach alkalischen Reaction, oder wenn sie schon neutral ist, mit Chlorammonium und dann mit Chlorcalcium. Entsteht kein Niederschlag, so ist weder Oxalsäure noch Weinsäure vorhanden.

Erhält man aber hierbei einen Niederschlag, so fällt man eine neue Probe mit überschüssigem Kalkwasser. Löst sich der Niederschlag durch Chlorammonium, so ist Weinsäure, wenn nicht, Oxalsäure vorhanden.

Ergab die mit Chlorammonium und Chlorcalcium versetzte Flüssigkeit keine Fällung, so erhitzt man zum Kochen und setzt der kochenden Flüssigkeit etwas Ammoniak zu. Eine Trübung zeigt Citronensäure an. Erfolgt keine, so wird eine solche Probe mit Alkohol versetzt, welcher vorhandene Äpfelsäure fällt.

Eine vollkommen neutrale Probe der Auflösung wird ferner mit Eisenchlorid behandelt. Ein zimmtbrauner oder bräunlichweißer voluminöser Niederschlag zeigt Bernsteinsäure, wenn er sich in Salzsäure vollkommen, Benzoësäure, wenn er sich mit Hinterlassung eines weißen Niederschlags (der in Wasser schwer löslichen freien Benzoësäure) auflöst.

Wenn das Eisenchlorid keinen Niederschlag, oder nebst diesem eine tiefrothe Färbung der Flüssigkeit veranlaßt, so kann Essigsäure oder Ameisensäure, auch Mekonsäure vorhanden sein, welche man mittelst der unten anzugebenden Reactionen von einander unterscheidet[1]).

---

1) Vorstehende Anweisung ist keineswegs hinreichend, um darnach völlige Gewißheit über die Natur eines Körpers zu erhalten, sie soll nur einen beiläufigen

Allgemeine Wichtigkeit der Salze.

Die Salze sind wichtig nicht blos wegen ihrer ausgedehnten technischen Benutzung als solche, sondern auch insofern bei der Darstellung der meisten chemischen Verbindungen und bei den meisten Zersetzungen nur Salze angewendet werden können oder dargestellt werden müssen. Letzteres gilt namentlich von den Schwermetallen und ihren Oxyden. Denn gelingt auch die Verbindung dieser Metalle mit Nichtmetallen nicht ausschließlich mittelst der Abscheidung aus ihren Salzen, so beruht doch bei weitem in der Mehrzahl der Zersetzungen das Verfahren lediglich darauf, daß sich Metalle aus Gemengen oder Verbindungen mit andern Stoffen durch ihre Auflöslichkeit als Salze oder ihre Unauflöslichkeit als Oxyde, Schwefelverbindungen, oder auch als manche Salze abscheiden lassen. Aus demselben Grunde, weil so wenige Oxyde im freien Zustande im Wasser leicht löslich und viele ganz unauflöslich sind, können auch die lebenden Wesen ihren Bedarf an anorganischen Stoffen fast nur in der Form von Salzen in sich aufnehmen.

Die Salze der einzelnen Basen finden bei den treffenden Metallen eine genauere Berücksichtigung. Es bleibt demnach hier nur noch übrig, ihre Eigenschaften nach den elektronegativen Bestandtheilen einer kurzen Würdigung zu unterziehen, mit welchen sie am häufigsten vorkommen. Die wichtigsten Salze sind die Chlorete, Jodete, Fluorete und Cyanete, die Carbonate, Sulphate, Nitrate, Phosphate, Borate, Silicate und Aluminate und die Salze der organischen Säuren. Erstere sollen sogleich, letztere bei den treffenden Säuren abgehandelt werden.

Chlorete. Vorkommen.

Die Chlorete der Alkalien, besonders in beträchtlicher Menge das Chlornatrium (Steinsalz), und die schwer oder nicht löslichen der Schwermetalle, wie Quecksilberchlorür (Quecksilberhornerz), Silber- (Silberhornerz), Bleichlorid (Cotunnit), Bleichlorid mit Bleioxyd (Bleierz von Mendiff), Bleichlorid mit kohlensaurem Bleioxyd (Bleihornerz), Vanadinblei (basisches Bleichlorid mit basisch vanadinsaurem Bleioxyd), basisches Kupferchlorid (Atacamit), basisches Eisenchlorid (Pyrosmalith) kommen im Mineralreiche im festen Zustande, die der alkalischen Erden und zugleich auch die der Alkalien kommen im aufgelösten Zustande in kleinen Quantitäten fast in allen Quellwässern, in sehr beträchtlicher Menge aber in Mineral- und Soolwassern und besonders im Meerwasser vor.

Darstellung.

Man erhält die Chlormetalle durch Zusammenbringen von Chlor oder Chlorwasserstoffgas mit den glühenden Metallen, leichter durch Auflösen der Metalle in Chlorwasserstoffsäure und bei denen, welche zwei Chlorverbindungen bilden, die Chloride durch Auflösen der Metalle in Königswasser oder der Oxyde in Salzsäure, und die Chlorüre durch Auflösen der Metalle oder Oxydule in Salzsäure. Im ersten Falle entweicht der Wasserstoff der Säure, im zweiten verbindet er sich mit dem Sauerstoff des Oxyds zu Wasser.

Begriff geben, wie bei solchen Untersuchungen verfahren wird. Ersteren Zweck erreicht man lediglich durch das Studium eines der S. 2 angegebenen Werke der analytischen Chemie.

Auch bei ihrer Zersetzung durch eine stärkere Säure, wie Schwefelsäure, wird nicht Chlor, sondern wieder Chlorwasserstoffsäure frei, weil sich ersteres sogleich mit dem Wasserstoff des Wassers verbindet, dessen Sauerstoff ans frei gewordene Metall tritt, so daß dann schwefelsaures Oxyd entsteht. Man hielt deswegen die Chlormetalle lange Zeit für chlorwasserstoffsaure oder salzsaure Oxyde.

Eigenschaften.

Die meisten Chlormetalle kommen krystallisirt vor. Die Chlorete der Alkalien, das Silberchlorid und Eisenchlorür krystallisiren in Würfeln, das Antimonchlorid, sublimirte Quecksilberchlorid und bisweilen auch Chlorammonium in Oktaëdern. Die Formen der übrigen sind noch nicht genau bestimmt, sie bilden theils kleine dünne Tafeln, welche als Blätter, und dünne Prismen, die als Nadeln erscheinen. Prismen bilden die Chlorete von Strontium, Beryllium, Zirkonium, Thorium, Blei, Kupferchlorid und Quecksilberchlorid; Tafeln die Chlorete von Calcium, Baryum, Yttrium, Mangan, Zink und das Eisenchlorid. Auch ein Tetraëder kommt vor beim Kupferchlorür.

Auflöslichkeit.

Die Krystalle der alkalischen und einige der auf trockenem Wege dargestellten Schwermetalle sind wasserfrei. Sie sind sehr leicht löslich in Wasser, auch in Alkohol, außer dem Chlorbaryum und einigen Schwermetallchloreten selbst in wasserfreiem, einige, wie Eisen-, Uran- und Quecksilberchlorid, sogar in Äther. Die meisten werden feucht oder zerfließen ganz an feuchter, mehrere auch an trockner Luft. Nur die alkalischen (außer Chlorlithium), dann Chlorbaryum und wenige lösliche Schwermetallchlorete, wie Quecksilberchlorid, ziehen kein Wasser aus der Luft an, Chlornickel zerfließt in feuchter, verwittert aber, wie auch das Chlorcadmium, in trockner Luft. Chlorblei ist schwerauflöslich, Silberchlorid, Quecksilber-, Kupfer-, Gold- und Platinchlorür sind in Wasser unlöslich. Die Chloride der letzteren aber lösen sich leicht. Manche, wie Wismuth-, Zinn- und Antimonchlorid, werden durch Wasser zersetzt in unlösliches basisches und auflösliches saures Salz. Die unauflöslichen neutralen und basischen Chlormetalle lösen sich fast alle in Salpetersäure, die meisten in Schwefelsäure und sämmtlich in Salzsäure. Silberchlorid löst sich nur in concentrirter Salzsäure, Quecksilberchlorür in kochender Salz- und Salpetersäure.

Chemisches Verhalten auf nassem Wege.

Von den stärkeren Sauerstoffsäuren werden die Chlorete meistens zersetzt und dadurch in Sauerstoffsalze der einwirkenden Säure verwandelt. Vgl. die Verwandtschaftstabelle der Säuren auf nassem Wege S. 194.

Außer den beiden letzteren entwickeln alle mit concentrirter Salpetersäure, vorzüglich beim Kochen Chlor.

Verhalten bei höherer Temperatur. Die Schmelzbarkeit s. S. 193.

Die meisten Chlormetalle werden durch Glühen zersetzt, einige, wie das Chlorkalium und das Chlornatrium, verdampfen bei starker Glühhitze unverändert. Das Chlorammonium, Chloraluminium und mehrere Chlorete der Schwermetalle, namentlich der elektronegativen, verflüchtigen sich ziemlich leicht. Manche, besonders von den letzteren, lassen sich selbst destilliren und rauchen an der Luft durch Wasseranziehung.

Einige, wie Eisen- und Kobaltchlorid, zersetzen sich beim Erhitzen zum Theil in flüchtiges saures Salz unter Zurücklassung eines basischen. Andere, wie Mangan- und Kupferchlorid, entwickeln Salzsäure und hinterlassen Chlorür. Einige der edlen Metalle werden vollständig zersetzt unter Zurücklassung von freiem Metall, wie Gold- und Platinchlorid. Silberchlorid dagegen schmilzt und verflüchtigt sich endlich unverändert.

Von Kohle werden sie beim Glühen nicht, von Kohle mit Wasserdampf etwas, von Wasserstoff fast sämmtlich reducirt, Silberchlorid auch beim Glühen mit Harzen — durch das dabei erzeugte Kohlenwasserstoffgas.

Von den feuerbeständigen Säuren: Phosphor-, Bor- und Kieselsäure wird das Chlor in der Hitze nur unter Mitwirkung von Wasserdämpfen ausgetrieben, damit das Metall mit dem Sauerstoff des Wassers eine Basis bilden kann, während der Wasserstoff ans Chlor geht. Auch Thonerde wirkt wie diese Säuren.

Erkennung der Chlormetalle. Man erkennt die unauflöslichen Chlorete daran, daß sie mit Salpetersäure ächtes Blattgold auflösen und darüber gehaltenes Lackmuspapier bleichen. Quecksilberchlorür und -Chlorid ausgenommen, entwickeln alle mit concentrirter Schwefelsäure — viele schon mit verdünnter — Salzsäure, welche man an den weißen Nebeln bei Annäherung eines mit Ammoniaklösung befeuchteten Glasstabes erkennt. Auf Zusatz von Braunstein nebst Schwefelsäure entwickeln sie Chlor, welches man am Geruch und an der Entfärbung von Lackmus und Indigo erkennt.

Die auflöslichen Chlormetalle reagiren auf Silbersalze wie Salzsäure (s. S. 141). Ein Tropfen der Auflösung mit schwefelsaurem Kupferoxyd auf polirtes Silber gebracht, schwärzt dies nach einiger Zeit.

Mit einer von Kupferoxyd dunkelgrün gefärbten Perle von Phosphorsalz erhitzt, färben alle die Löthrohrflamme einen Augenblick schön blau.

Jodete. Vorkommen. Weit seltner als die Chlorete finden sich die Jodmetalle in der Natur. Die Jodete des Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium kommen in verschiedenen Wässern vor, aber immer nur in sehr kleiner Menge, besonders im Meerwasser und darin lebenden Pflanzen und Thieren, auch in mehreren Mineralquellen, z. B. in der Adelheidsquelle in Oberbayern, noch weit seltener aber findet sich als Mineral das Jodsilber und Jodquecksilber. (Vgl. S. 142).

Darstellung. Man erhält die Jodmetalle beim Zusammenbringen von Jod mit den Metallen zum Theil schon bei gewöhnlicher, zum Theil erst in höherer Temperatur, durch Erhitzen mehrerer Oxyde mit Jod, durch Auflösen der Oxyde in Jodwasserstoffsäure und die unauflöslichen durch Fällung eines Salzes des betreffenden Metalls mit Jodkalium.

Eigenschaften. In der Krystallform stimmen die Jodmetalle so ziemlich mit den Chloreten überein, unterscheiden sich aber sowohl von diesen, als von allen übrigen Salzen mit nichtmetallischem elektronegativen Bestandtheil durch

Farbe. die lebhafte Färbung der Schwermetallsalze, auch wenn die Metalle derselben sonst gewöhnlich farblose Salze bilden. Ungefärbt oder weiß erscheinen blos die Jodete der Alkalien und alkalischen Erden, Zinkjodid,

Mangan- und Kupferjodür; gelb sind Gold- und Quecksilberjodür, Silber- und Bleijodid; roth Kobalt-, Quecksilber- und Antimonjodid; braun Palladiumjodür, Zinn-, Wismuth- und Eisenjodid; grün Eisen- und Uranjodür, Chrom- und Goldjodid; schwarz Iridiumjodid, Tellur- und Platinjodür und -Jodid.

Auflöslichkeit. Die Jodete der Alkalien, alkalischen und eigentlichen Erden sind alle in Wasser, einige auch in Weingeist löslich und mehrere zerfließen an der Luft. Jodaluminium ist noch nicht dargestellt worden. Die Jodete der Schwermetalle sind unauflöslich bis auf Mangan-, Uran-, Eisen- und Zinnjodür, Eisen-, Zinn- und Chromjodid. Quecksilberjodid löst sich in Alkohol und Äther, obgleich es in Wasser unlöslich ist.

Chemisches Verhalten. Nur einige Jodmetalle geben, mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure, Jodwasserstoff. Durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure für sich oder mit Braunstein, von Chlor oder Chlorkalk mit Salzsäure und von mäßig starker Salpetersäure wird Jod frei, welches die Flüssigkeit gelb oder braunroth färbt, beim Kochen in violetten Dämpfen entweicht und beim Erkalten (zuweilen in Blättchen) sich abscheidet.

Beim Erhitzen verhalten sich die Jodmetalle den entsprechenden Chlormetallen ähnlich, sind jedoch etwas flüchtiger und leichter zersetzbar, besonders in Gegenwart von Wasser. Jod entweicht dann in violetten Dämpfen und läßt die Metalle als Oxyde zurück.

Erkennung. Die Jodmetalle sind sowohl an diesem als an dem Verhalten zu Stärkmehl leicht zu erkennen, wenn es als verdünnter Kleister dem auf die angegebene Weise frei gewordenen Jod zugesetzt wird. Bei gleichzeitiger Gegenwart von Chlormetallen erscheint oft die blaue Färbung der Stärke nicht, weil hier durch Zusatz von Salpetersäure Chlorjodsäure entsteht, welche die Stärke nicht bläut. Man muß dann die letztere in ein wenig kochender verdünnter Schwefelsäure auflösen und sehr wenig Chlorwasser zusetzen. Auch durch desoxydirende Körper, wie Schwefelwasserstoff, schweflige und arsenige Säure, durch Gerbstoff und andere organische Stoffe, durch Alkalien und beim Stehen am Licht verschwindet die blaue Farbe, erscheint aber wieder auf Zusatz von Salpetersäure oder concentrirter Schwefelsäure. Eine Entfärbung durch überschüssiges Chlor oder Quecksilberchlorid kann durch Zinnchlorür beseitigt werden.

Beim Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure oder zweifach schwefelsaurem Kali in einer Glasröhre entwickeln die Jodmetalle violette Joddämpfe nebst schwefliger Säure, auf Zusatz von Braunstein blos Jod, welches überdestillirt werden kann, und vorgeschlagenen Kleister bläut. Mit einer durch Kupferoxyd dunkelgrün gefärbten Perle von Phosphorsalz erhitzt, färben sie die Löthrohrflamme im Augenblicke des Schmelzens schön und stark grün.

Fluorete. Vorkommen. **Fluormetalle, Fluorete** oder **Fluate** kommen in der Natur nur sehr wenige vor, wie der Flußspath (Fluorcalcium), Kryolith (Natriumaluminiumfluorid), Yttrocerit (Fluoryttrium gemengt mit Fluorcerium und Fluorcalcium), Flußyttrocerit (Fluoryttrium mit Fluorcerium), Flußcerit

(Fluoryttrium) und Topas (Fluoraluminium mit Thonerdesilicat). Der Flußspath ist ziemlich verbreitet, die andern kommen nur selten vor.

Darstellung. Man erhält die Fluormetalle mittelst Zersetzung der Metalloxyde durch Fluorwasserstoffsäure, die unlöslichen durch Zersetzung der entsprechenden Metallsalze durch lösliche Fluate.

Eigenschaften. Auflöslichkeit. Die in Krystallen bekannten Fluormetalle erscheinen gewöhnlich in Würfeln krystallisirt. Kalium, Ammonium, Aluminium, Beryllium, Zirkonium, Mangan, Eisen, Zinn, Wismuth, Kupfer, Silber, Quecksilber und die elektronegativen Metalle bilden auflösliche Fluate. Fluorberyllium löst sich in jedem Verhältnisse in Wasser, Fluorkalium und -Silber zerfließen an der Luft und Titanfluorid ist eine an der Luft rauchende Flüssigkeit. Die übrigen sind schwer oder nicht löslich.

Die unlöslichen Fluate der Schwermetalle lösen sich in der Regel in Fluorwasserstoffsäure, die übrigen nebst Fluorblei auch in dieser wenig; in Salzsäure oder Salpetersäure aber fast alle.

Verhalten bei höherer Temperatur. Die Fluormetalle sind leicht schmelzbar und erleiden beim Erhitzen nur bei Gegenwart von Wasser, daher auch in der Löthrohrflamme eine Zersetzung in Fluorwasserstoffsäure, welche entweicht, und zurückbleibendes Metalloxyd.

Erkennung. Man erkennt die Fluormetalle leicht, wenn man sie für sich oder mit zuvor geschmolzenem Phosphorsalz in einer schräg gehaltenen an beiden Enden offenen Glasröhre unmittelbar durch die Löthrohrflamme erhitzt, daran, daß sie Fluorwasserstoffsäure entwickeln, welche sich durch den Geruch, an der strohgelben Färbung des Fernambukpapiers und besonders an der matten Anätzung des Glases in der Nähe der Probe zu erkennen gibt. Um letztere deutlich wahrzunehmen, spült man das Glas nachher mit Wasser oder Säure aus.

Cyanete. Darstellung. Die Cyanmetalle oder Cyanete kommen nicht in der Natur, sondern blos als Kunstprodukte vor. Man erhält sie mittelst Zersetzung der freien oder kohlensauren Oxyde durch wässerige Cyanwasserstoffsäure oder durch Cyanalkalien, die Cyanalkalien aber auch durch Glühen ihrer Metalldoppelsalze und Auslaugen des Rückstandes mit Wasser, und diese wieder, namentlich die alkalischen Eisencyanüre durch Glühen stickstoffhaltiger organischer (thierischer) Körper mit kohlensaurem Kali oder Natron mit Eisenfeilspänen; einige, wie Cyanquecksilber und -Silber erhält man schon durch Zusammenbringen der Metallsalzlösung mit freier Cyanwasserstoffsäure.

Eigenschaften. Viele Cyanmetalle sind krystallisirbar und zum Theil den analogen Chlor-, Brom- und Jodmetallen isomorph.

Farbe. Fast alle Cyanete der Schwermetalle sind in Wasser unlösliche Niederschläge und, namentlich die Doppelsalze von zwei Schwermetallen, bisweilen von sehr lebhafter Färbung, weshalb auch diese Niederschläge häufig als Reactionen für die einzelnen Metalle dienen. Kupfercyanid, Gold- und Palladiumcyanür sind gelb; graugrün Mangan- und grüngelb Platincyanür; rothbraun Eisen-, Kobalt- und Vanadiumcyanid; weißlichgrün Nickelcyanid und blaugrau Chromcyanid. Die übrigen

bekannten Cyanmetalle, nämlich die Cyanüre von Cerium, Eisen, Kupfer und Chrom und die Cyanide von Zink, Blei, Silber, Palladium und Titan sind weiß. Die meisten Andern, außer den auflöslichen (s. unten), scheinen sich nach den angestellten Versuchen mit Cyan nicht verbinden zu können.

Die Niederschläge des Kaliumeisencyanürs.

Von den Doppelcyanüren der Schwermetalle sind blos die Cyanverbindungen des Eisens mit verschiedenen anderen Metallen wichtig, weil man sie als Niederschläge durch das als Reagens angewendete Kaliumeisencyanür und Kaliumeisencyanid erhält. Das erstere fällt dunkelblau: Eisenoxyd; hellgrün Nickel und Kobalt; gelb Vanadium und Chrom; bräunlichgelb Titan; rothbraun Kupfer und Uran; dunkelbraun Molybdän. Die übrigen: Eisenoxydul- und (farblose[1])) Manganoxydulsalze, Zink, Cadmium, Blei, Zinn, Wismuth, Silber und Quecksilber werden weiß; dagegen werden Chrom- und Wolframsäure, Arsenik, Tellur, Antimon, Gold, Platin, Rhodium, Iridium und Osmium gar nicht gefällt.

des Kaliumeisencyanids.

Das Kaliumeisencyanid fällt blos Zinnoxydul weiß, die übrigen farbig und zwar: gelb Zink, Cadmium, Silber und Quecksilber; gelbbraun Wismuth, Kupfer, Titan; rothbraun Kobalt und Uran; graubraun Mangan; blau Eisenoxydul; gelbgrün Nickel und Vanadium; Zinnoxyd, Antimon, Blei, Gold und Eisenoxyd gar nicht. Doch wird letzteres davon in seinen Auflösungen rothbraun gefärbt.

Auflöslichkeit der Cyanete.

Von den Cyaneten der Schwermetalle sind blos Eisen-, Cadmium-, Quecksilber- und Goldcyanid in Wasser auflöslich, die übrigen blos in Alkalien und theils in concentrirten, theils in verdünnten Säuren. Die bekannten Cyanete der Leichtmetalle sind sehr leicht in Wasser auflöslich, nur Cyanbaryum ist schwerlöslich. Cyanaluminium konnte man auf dem gewöhnlichen Wege nicht erhalten. Von den übrigen Cyaneten der Erdmetalle ist blos Cyanyttrium bekannt, welches sich sowohl in Wasser als Weingeist auflöst. Auch die Doppelcyanete von Leicht- und Schwermetallen sind meist in Wasser auflöslich.

Die Auflösungen der Leichtmetallcyanete bräunen Curcumapapier und entwickeln auf Zusatz von Kohlensäure, daher auch schon durch die bloße Einwirkung der atmosphärischen Luft, Cyanwasserstoffsäure, verlieren aber diese leichte Zersetzbarkeit durch Verbindung mit Schwermetallcyaneten. Die Cyanete der Schwermetalle sind luftbeständig.

Die letzteren werden durch verdünnte Sauerstoffsäuren nicht zersetzt, entwickeln aber mit concentrirter Schwefel- oder Salzsäure Cyanwasserstoffsäure. Durch Kochen mit überschüssigen Säuren wird das Metall oxydirt und nebst Ameisensäure auch Ammoniak gebildet.

Die alkalischen Cyanete schmelzen leicht (in schwacher bei Tage nicht sichtbarer Rothglühhitze) und werden dabei langsam vom Sauerstoff der

---

1) Die röthlichen Manganoxydulsalze werden pfirsichblütroth bis chocoladebraun gefällt.

Luft zum Theil oxydirt. Das Ammoniumsalz verflüchtigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr stark. Das Verhalten der Cyanete der alkalischen Erden in höherer Temperatur ist noch wenig bekannt. Die Cyanete der Schwermetalle verlieren beim Glühen das Cyan, die der unedlen verwandeln sich hierbei unter Stickstoffentwickelung in Kohlenstoffmetalle.[1])

Erkennung der Cyanmetalle.

Man erkennt die löslichen Cyanmetalle an den bei der Cyanwasserstoffsäure angegebenen Reactionen, die der edlen Schwermetalle, daß sie beim Erhitzen in einem Reagircylinder einen Geruch nach Cyan entwickeln und die entweichenden Dämpfe darüber gehaltene Silberauflösung trüben. Die der unedlen Metalle entwickeln im wasserhaltigen Zustande beim Erhitzen Ammoniak.

Carbonate. Vorkommen.

Carbonate kommen in der Natur mehrere vor, aber nur eines, nämlich der kohlensaure Kalk in reichlicher Menge, ziemlich häufig auch das Doppelcarbonat von Kalk und Bittererde im Wasser gelöst. Von den alkalischen Carbonaten findet sich nur bisweilen die Soda als Efflorescenz auf verschiedenen Gesteinen, an den Ufern der Natronseen und in mehreren Mineralquellen; von den alkalischen Erden Witherit (kohlensaurer Baryt), Barytocalcit (kohlensaurer Baryt mit kohlensaurem Kalk), Strontianit (kohlensaurer Strontian), Kalkstein (kohlensaurer Kalk), Aragonit (kohlensaurer Kalk bisweilen mit etwas kohlensaurem Strontian), Magnesit (kohlensaure Magnesia), Talkspath (kohlensaure Magnesia mit etwas Eisenoxydul) und Bitterspath (Kalk-Talkerdecarbonat). Die kohlensauren Erden kommen nicht natürlich vor und kohlensaure Thonerde konnte auch künstlich noch nicht dargestellt werden.

Von den Schwermetallen kommen im Ganzen nur wenige als Carbonate in der Natur vor, wie das kohlensaure Eisenoxydul als Spatheisenstein und Sphärosiderit im festen, und in den sogenannten Stahlwässern als Bicarbonat im gelösten Zustande. Das kohlensaure Manganoxydul findet sich mit etwas Kalk und Eisen verunreinigt als Manganspath, auch als Gemengtheil des Eisenspaths und neben Eisen in kohlensäurehaltigen Wässern gelöst. Andere natürlich vorkommende Carbonate sind der edle Galmei (kohlensaures Zinkoxyd), das Weiß- und Schwarzbleierz (kohlensaures Bleioxyd), der Axotombleispath (kohlensaures Bleioxyd mit schwefelsaurem Bleioxyd), die Kupferlasur (halbbasischkohlensaures Kupferoxyd, $\dot{C}u_3\ddot{C}_2$), der Malachit (einfachbasischkohlensaures Kupferoxyd $\dot{C}u_2\ddot{C}$), und die Uranblüte (kohlensaures Uranoxyd).

Darstellung.

Die alkalischen Carbonate werden nicht eigens dargestellt, weil man die Alkalien nach der gewöhnlichen Darstellungsweise im Anfang ohnedies immer als Carbonate erhält[2]), aus welchen dann erst die Alkalien im freien

1) Über das Verhalten der Schwermetallcyanete in der Hitze vgl. auch Rammelsberg im Arch. d. Pharm. 48. 2. R. S. 151—154; pharm. Centralbl. 1847. S. 59—60.

2) Vgl. unten die Darstellung des kohlensauren Kali, Natron und Ammoniaks.

Zustande gewonnen werden. Die Carbonate der alkalischen Erden kommen schon in der Natur in hinreichender Menge vor, so daß man sie gleichfalls zur Darstellung dieser alkalischen Erden im freien Zustande benutzt. Die Carbonate der Erden und Schwermetalloxyde werden mittelst Zersetzung eines entsprechenden löslichen Salzes durch ein kohlensaures Alkali erhalten.

Eigenschaften.

Die Carbonate der alkalischen Erden und des Bleies krystallisiren in rhombischen, die des Natrons und Kupfers in klinorhombischen Säulen, der Kalkspath jedoch, Magnesit, Talk-, Bitter-, Mangan-, Eisenspath und Galmei in stumpfen Rhomboëdern. Meistens aber kommen sie erdig oder nur krystallinisch vor.

Auflöslichkeit.

Nur die alkalischen Carbonate sind in Wasser auflöslich, wenn sie neutral sind, das Kalisalz ist selbst zerfließlich, die Bicarbonate sind sämmtlich auflöslich. Die einfachen Carbonate bilden wenig krystallinische Niederschläge, welche größtentheils weiß oder wenigstens heller gefärbt sind als die freien Oxyde.

Chemisches Verhalten.

Die einfachen Carbonate der Alkalien reagiren stark, der kohlensaure Baryt und die zweifach kohlensauren Alkalien schwach alkalisch. Die einfach kohlensauren Alkalien schmecken scharf, aber nicht ätzend alkalisch, die doppelt kohlensauren laugenartig, aber nicht scharf.

Die einfachen, häufiger noch aber die doppelt kohlensauren Alkalien bilden mit mehreren unlöslichen Carbonaten, wie mit denen der alkalischen Erden, des Mangans, Eisens, Kobalts, Nickels rc. auflösliche Doppelsalze. Die kohlensauren Alkalien bewirken daher in solchen Auflösungen oft erst Fällungen beim Kochen, oder auf Zusatz von ätzendem Alkali.

Die Verwandtschaft der Kohlensäure zu den Basen ist schwach, sie wird daher durch die meisten übrigen Säuren aus ihren Salzen abgeschieden und schwächere Basen, wie Thonerde, Eisen-, Zinn-, Manganoxyd rc. verbinden sich gar nicht mit Kohlensäure.

Die Carbonate außer den alkalischen und denen von Baryt und Strontian verlieren die Kohlensäure beim Glühen für sich; alle aber beim Glühen mit Kohlenpulver, indem Kohlenoxydgas entsteht. Sie sind, wie schon oben angegeben wurde, mit Ausnahme der alkalischen unschmelzbar. (Vgl. auch S. 193).

Erkennung.

Man erkennt die Carbonate leicht daran, daß sie mit Säuren aufbrausen, ohne dabei einen auffallenden Geruch, z. B. nach Chlor, schwefliger Säure rc. zu entwickeln. Leitet man das frei werdende Gas in Kalkwasser, so wird dieses durch Entstehung von kohlensaurem Kalk getrübt. Die der alkalischen Erden werden durch Erhitzen vor dem Löthrohr ätzend und bräunen dann feuchtes Curcumapapier.

Sulphate.

Auch unter den Sulphaten ist es wieder nur das Kalksalz als Gyps $(Ca\ddot{S}+2\dot{H})$, seltner als Anhydrit $(\dot{C}a\,\ddot{S})$, welches in bedeutender Menge in der Natur verbreitet ist. Doch kommt die Verbreitung desselben bei Weitem nicht der des kohlensauren Kalkes gleich. In ziemlicher Ausbreitung findet sich auch noch bisweilen das Magnesiasulphat oder Bitter-

salz im festen Zustande, besonders aber aufgelöst im Meerwasser und in einigen Mineralquellen (Bitterwassern). Weit beschränkter ist das Vorkommen des schwefelsauren Baryts (Schwerspath), noch mehr das des schwefelsauren Strontians (Cölestin). Die Sulphate des Kali, Natron und Ammoniak finden sich selten, fast nur als vulkanische Produkte in fester Form, das Natronsalz (Glaubersalz) jedoch auch an einigen anderen Orten, namentlich in Steinsalzgebirgen, das schwefelsaure Kali noch als Bestandtheil des gewöhnlichen Alauns und in Pflanzen. Noch seltener findet sich der Natronalaun. Häufiger findet sich das Kali- und Natronsalz aufgelöst in Mineralquellen und letzteres besonders im Meerwasser. Selten kommt auch die schwefelsaure Thonerde für sich und als Kalithonerdesulphat (Alaun), häufiger das letztere mit überschüssiger Thonerde (Alaunstein) vor.

Von den Sulphaten der Schwermetalle (**Vitriole**) kommt der Eisen-,[1] Kobalt-, Kupfer-, Zink-, Blei-[2]) und Uranvitriol, sämmtlich aber nur in kleiner Menge im Mineralreich vor.

Darstellung. Man erhält die Sulphate, wenn sie nicht schon natürlich in erforderlicher Menge und Reinheit vorkommen, leicht durch Behandlung der Metalle (vgl. S. 160), oder ihrer Oxyde mit Schwefelsäure, Zersetzung der Carbonate und anderer Salze mit schwächeren Säuren durch Schwefelsäure oder andere Sulphate, häufig als Nebenprodukte, wie z. B. Natron- und Kalisulphat bei der Bereitung der Salz- und Salpetersäure, Mangan- mit Natronsulphat bei der Darstellung des Chlors ꝛc.; endlich durch Rösten der Schwefelmetalle, so bei der Darstellung des Kupfer- und Eisenvitriols.

Eigenschaften. Die gewöhnlichste Krystallform der Sulphate ist die gerade rhombische Säule, wie beim Kali-, Strontian-, Baryt-, Kalk- (Gyps), Magnesia-, Zink-, Blei- und Nickelsalz, wenn letzteres unter + 15° C. mit 7 Atomen Wasser krystallisirt. Das Barytsulphat krystallisirt gewöhnlich in rhombischen Tafeln. Mehrere bilden klinorhombische Säulen, wie das Natron-, Eisen- und Manganoxydulsulphat und das zweifach schwefelsaure Kali; einige rektanguläre Säulen, wie Kalk- (Anhydrit), Uran- und Cadmiumsulphat, und andere Oktaëder, wie die Sulphate der Erden, des Kobalts und Nickels, wenn letzteres über + 15° C. mit 6 Atomen Wasser krystallisirt. Bei mehreren Sulphaten hat man zwei oder mehrere dieser Formen beobachtet, so daß man vielleicht später noch die Verhältnisse kennen lernen wird, unter denen sie alle einander isomorph krystallisiren.

Die Sulphate enthalten in der Regel 4—7 Atome Krystallwasser, nur wenige, wie das Kali-, Ammoniak-, Baryt-, Strontian- und Bleisalz, so wie eine Art des natürlich vorkommenden Kalksulphates, der Anhydrit sind wasserfrei. Die wasserhaltigen Krystalle verwittern fast alle,

---

1) Das Eisen kommt gewöhnlich als Oxydulsalz (grüner Vitriol), selten als Oxydsalz (rother Vitriol) vor.

2) Das Bleisulphat auch im Arotombleispath mit kohlensaurem Bleioxyd und im Kupferbleispath mit Kupferoxyd.

wenigstens oberflächlich, auch wenn sie weniger Wasser enthalten, wie z. B. das Kalibisulphat $(\dot{K}\ddot{S}_2 + \dot{H})$.

Auflöslichkeit.

Die neutralen und besonders die sauren Sulphate sind in der Regel leicht auflöslich, die basischen unauflöslich. Die meisten brauchen nicht mehr als 2—3 Theile kaltes Wasser zur Auflösung. Baryt-, Strontian- und Bleisulphat sind nicht blos in Wasser, sondern auch in verdünnten Säuren unauflöslich, die ersteren lösen sich nur in kochender concentrirter Schwefelsäure, letzteres auch in Salpetersäure und concentrirter Salzsäure.[1]) Das Sulphat des Kalks braucht gegen 500, das des Silberoxyds 88, das des Kobaltoxyds 24, das Kalithonerdesulphat (der gewöhnliche Alaun) 18, das einfach schwefelsaure Kali 9 Theile Wasser. Die Sulphate der elektronegativen Metalle zerfließen fast sämmtlich an der Luft und werden durch Wasser in unauflösliches basisches und leichtlösliches saures Salz zersetzt. In Weingeist und Äther sind die Sulphate nicht auflöslich.[2])

Alle unauflöslichen Sulphate werden durch Kochen oder doch durch Glühen mit kohlensaurem Natron zersetzt, wobei die Schwefelsäure an das Natron tritt. Fast alle werden, oft auch aus sauren Auflösungen, durch starken Alkohol gefällt. Von verwesenden organischen Stoffen werden sie in Schwefelmetalle verwandelt, indem sich ihr Sauerstoff mit dem Kohlenstoff jener Körper zu Kohlensäure verbindet.

Verhalten bei höherer Temperatur.

Die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden schmelzen nach dem Verlust ihres Krystallwassers nur bei hoher Temperatur, obgleich manche ihrer Doppelsalze (s. S. 193) sehr leicht schmelzbar sind. Die übrigen zersetzen sich früher, als sie schmelzen. Die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden mit Ausnahme der Magnesia lassen sich unverändert schmelzen. Bei den übrigen entweicht beim Erhitzen die Schwefelsäure entweder unzersetzt, wenn zur Austreibung eine mäßige Hitze hinreicht, oder als schweflige Säure und Sauerstoff, wenn dazu ein hoher Hitzgrad erforderlich ist. Durch Erhitzen mit Wasserstoff oder mit Kohle werden sie in Schwefelmetalle verwandelt. Durch Glühen mit Phosphor-, Bor- und Kieselsäure wird die Schwefelsäure ausgetrieben.

Erkennung.

Um die Sulphate als solche zu erkennen, löst man sie in Wasser, nöthigenfalls in Salzsäure oder zersetzt sie, wenn sie auch in dieser nicht auflöslich sind, durch Kochen mit kohlensaurem Natron, filtrirt noch warm und prüft die erhaltene Lösung mit der Auflösung eines Barytsalzes, womit sie einen auch in Salpetersäure unauflöslichen weißen Niederschlag bilden. Wenn man dieselben mit gleichviel Stärkmehl und kohlensaurem

---

1) Nach Wöhler löst sich Bleisulphat auch leicht in neutralem weinsauren Ammoniak. Die concentrirte Lösung gesteht nach einiger Zeit zur steifen Gallerte. Ann. d. Pharm. 34. S. 235; pharm. Centralbl. 1840. S. 592.

2) Über die Grenze, wo der Weingeist bei zunehmendem Wassergehalt die Sulphate auflöst, vgl. Anthon, in Buchner's Repertor. d. Pharm. 13. S. 18—22; pharm. Centralbl. 1838. S. 434—435.

Natron zur pfefferkorngroßen Pille formt, am Platindraht vor dem Löthrohr erhitzt und dann auf eine feuchte Silberfläche legt, so entsteht auf letzterer ein brauner Fleck von Schwefelsilber. Auf Zusatz von Salzsäure entwickelt sich ein Geruch nach Schwefelwasserstoff, welcher ein mit Bleisalzauflösung befeuchtetes Papier schwärzt.

Nitrate. Da nur die stärksten Basen, wie die der Alkalien und alkalischen Erden, die Bildung von Salpetersäure einzuleiten vermögen, so finden sich auch nur ihre Nitrate (**Salpeter**), nicht aber die der eigentlichen Erden und Schwermetalloxyde in der Natur. Von den ersteren kommen namentlich der Kali-, Natron- und Kalksalpeter vor, der Kalisalpeter nicht blos im Mineralreich, sondern auch in mehreren Pflanzen; in größerer Menge aber nur der Natronsalpeter, welcher in ausgedehnten Lagern in Südamerika erscheint.

Darstellung. Der Kali- und Kalksalpeter wird künstlich im Großen auf den Salpeterplantagen erzeugt durch prädisponirende Wirkung dieser Basen auf den Stickstoff, welcher sich bei der Verwesung thierischer Körper entwickelt, so daß sich derselbe mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure und diese mit dem Kali oder Kalk zu Salz verbindet (s. S. 224). Die übrigen Nitrate werden durch Auflösung der Metalle oder ihrer Oxyde in Salpetersäure erhalten.

Eigenschaften. Die herrschende Krystallform der Nitrate ist die rhombische Säule, welche aber bisweilen durch Abstumpfung zweier scharfen Seitenkanten in eine sechsseitige Säule übergeht, wie beim Kali- und Kalksalz. Einige, wie das Uranoxyd-, Silberoxyd- und das in der Kälte krystallisirte Kupferoxydnitrat bilden rhombische Tafeln. Die Nitrate des Baryts, Strontians, Bleioxyds und Quecksilberoxyduls krystallisiren in Oktaëdern, der Natronsalpeter in Rhomboëdern.

Die Krystalle des Kali-, Natron-, Ammoniak-, Baryt-, Strontian- und Silbersalzes sind wasserfrei, die übrigen enthalten verschiedene Mengen Krystallwasser. Die Nitrate sind nebst den Chloreten die leicht löslichsten Salze. Die neutralen und sauren Salze sind sämmtlich im Wasser löslich, die unauflöslichen basischen lösen sich in Salpetersäure und andern Säuren. Das Kali-, Baryt-, Strontian-, Blei-, Silber- und Quecksilbersalz sind vollkommen luftbeständig, Nickel- und Uranoxydsalz verwittern schwach in trockner Luft, Natronsalpeter wird feucht und die übrigen zerfließen ganz, in feuchter Luft auch das Nickelsalz. Die luftbeständigen erfordern nicht über 3 Theile Wasser zur Auflösung, nur Strontiansalz braucht 5, Barytsalz 12, die zerfließlichen meist nur die Hälfte ihres Gewichtes Wasser. Nebstdem lösen sich die letzteren leicht in Weingeist auf. Die Nitrate des Wismuths, Quecksilbers und Antimons werden, wenigstens durch viel Wasser in unauflösliche basische und leicht lösliche saure Salze zersetzt. Die leicht krystallisirbaren, vornehmlich Baryt und Bleioxydsalz sind in concentrirter Salpetersäure unauflöslich. Mit viel Salzsäure, oder mit wenig Salzsäure oder Chlornatrium nebst Schwefelsäure versetzt entwickeln sie Chlor und salpetrige Säure.

Die salpetersauren Salze mit starker Basis entwickeln beim Erhitzen Anfangs Sauerstoff und bilden salpetrigsaure Salze, welche bei stärkerem Glühen unter Entwickelung von Sauerstoff und Stickstoff vollständig zersetzt werden. Die mit schwächerer Basis geben Sauerstoff und salpetrige Säure. Beim Erhitzen mit brennbaren Körpern — auf glühender Kohle verpuffen besonders die Nitrate der Alkalien und alkalischen Erden mit Heftigkeit unter Hinterlassung kohlensaurer Salze.

Verhalten bei höherer Temperatur.

Man erkennt die Nitrate in Auflösungen daran, daß letztere mit concentrirter Schwefelsäure versetzt Kupferspäne unter Entwickelung rother Dämpfe bei gewöhnlicher Temperatur auflösen. Beim Versetzen mit überschüssiger Salzsäure lösen sie beim Erwärmen ächtes Blattgold auf unter gelber Färbung der Flüssigkeit. Letztere Eigenschaft theilen jedoch die Salze der Selen-, Chrom-, Chlor- und Bromsäure mit denen der Salpetersäure. Ein sicheres Kennzeichen ist es, daß sich Krystalle von schwefelsaurem Eisenoxydul in der Flüssigkeit schwarzbraun färben, oder bei vieler Salpetersäure der ganzen Flüssigkeit diese Färbung mittheilen. Die Eigenschaft, nach Zusatz von Schwefelsäure ein wenig Indigoauflösung gelb zu färben, oder zu entfärben, theilen sie mit den chlor- und bromsauren Salzen, unterscheiden sich aber von diesen, daß sie Lackmustinctur nicht entfärben, sondern blos röthen. Auch das Verpuffen auf Kohle haben sie mit den erwähnten Salzen gemein.

Erkennung.

Die Phosphate sind zwar nicht nach ihrer Zahl, wohl aber der Menge nach sehr beschränkt, in welcher sie natürlich vorkommen. Am reichlichsten erscheint noch die phosphorsaure Kalkerde. Sie bildet den Hauptbestandtheil der Knochen der höheren Thiere. Außerdem finden sich im thierischen Organismus noch die Phosphate der Magnesia, des Natron und Ammoniaks. Im Pflanzenreich kommen die Phosphate von Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen und Mangan vor. Mineralische Phosphate sind der Apatit und Phosphorit (basisch phosphorsaure Kalkerde), der Wagnerit (basisch phosphorsaure Bittererde), der Wavellit (phosphorsaure Thonerde mit Fluoraluminium), der Amblygonit (phosphorsaure Lithion-Thonerde), die phosphorsaure Ammoniakthonerde, ein vulkanisches Produkt, der Türkis (phosphorsaure Thonerde mit Kupferoxyd), der Yttererspath (phosphorsaure Yttererde), der Grüneisenstein und das Eisenblau (phosphorsaures Eisenoxydoxydul), der Vivianit (dieselbe Verbindung im krystallisirten Zustande), der Raseneisenstein enthält etwas Eisenoxydphosphat, das Manganpecherz (Eisen- und Manganoxydulphosphat), der Triphylin (Eisen- und Manganoxydulphosphat mit Lithionphosphat), das Buntbleierz (phosphorsaures Bleioxyd), der Libethenit, Phosphorochalcit, Dihydrit, Tagilit und Ehlit (phosphorsaures Kupferoxyd) und der Uranglimmer (Uranoxyd- mit Kalk- oder Kupferphosphat). Außer diesen Fossilien läßt sich die Phosphorsäure in sehr kleinen Mengen, oft blos als Spur noch in einer großen Anzahl anderer Mineralien nachweisen. So fand Sullivan dieselbe in verschiedenen Quantitäten von kohlensaurem Kalk,

Phosphate. Vorkommen.

im Dolomit, Dachschiefer, Sandstein, Diorit, Augit, Trapp, Basalt, Bimsstein, Obsidian, Glimmer, Granit, Glimmerschiefer, Gneis ꝛc.[1])

Darstellung. Die phosphorsaure Kalkerde erhält man durch Calcination der Knochen, durch Auflösung der erhaltenen Asche, welche ein Gemenge von phosphorsaurer Kalkerde mit einigen andern Salzen ist — in Salzsäure und Fällung durch Ammoniak im reinen Zustande; die übrigen unauflöslichen Phosphate durch Fällung eines auflöslichen Salzes des entsprechenden Oxyds mittelst eines auflöslichen (alkalischen) Phosphats, die alkalischen Phosphate durch Sättigung der freien Alkalien, oder Zersetzung der kohlensauren mittelst Phosphorsäure oder doppelt phosphorsauren Kalks.

Die phosphorsauren Salze bieten eine größere Anzahl möglicher Verbindungen mit einer und derselben Basis dar als die Salze irgend einer anderen Säure außer der Arseniksäure. Viele Basen bilden nämlich sowohl mehrere sauere als basische Salze mit der Phosphorsäure.

Eigenschaften. Die Phosphate krystallisiren größtentheils in Prismen: der Wavellit und Amblygonit in rhombischen, das phosphorsaure Natron, der Wagnerit und Phosphorochalcit in klinorhombischen, der Ytterspath und Uranglimmer in quadratischen, der Apatit und das Buntbleierz in sechsseitigen ꝛc. Sie enthalten meistens und gewöhnlich auch viel Krystallwasser, dessen Menge im Natronsalz 25 Atome erreicht.

Die neutralen und basischen Phosphate sind mit Ausnahme der alkalischen in Wasser unauflöslich, die sauren sind löslich. Erstere lösen sich in Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, bis auf das Cer- und Quecksilberoxydulsalz auch in Phosphorsäure und bis auf Eisenoxyd, Bleioxyd und Thonerde[2]) in Essigsäure, einige, namentlich das Kalkphosphat in kohlensäurehaltigem Wasser, das Thonerdephosphat auch in Alkalien. Nur einige geglühte saure Salze sind wenig oder gar nicht auflöslich. Durch ätzende und kohlensaure Alkalien sowie durch Weingeist werden sie aus ihren Auflösungen gefällt.

Die phosphorsauren Salze sind bis auf die des Ammoniaks und Quecksilbers feuerbeständig, meistens leicht schmelzbar, besonders die sauren Salze, gewöhnlich zu durchsichtigen Gläsern, die neutralen und basischen Phosphate der alkalischen Erden aber blos zu emailartigen Massen (Schmelz). Sie werden dabei in pyrophosphorsaure Salze verwandelt. Die Pyrophosphate reagiren alkalisch.

Erkennung. Man erkennt die Phosphate daran, daß ihre neutralen Auflösungen von salpetersaurem Silberoxyd eigelb oder weiß (s. S. 133) gefällt werden. Mit überschüssigem Ammoniak und einem löslichen Magnesiasalz versetzt, fällt ein krystallinischer Niederschlag von Ammoniakmagnesiaphosphat nieder. Unlösliche Phosphate erwärmt man mit einer Mischung

---

1) Vgl. Hlubek's ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen 1846 S. 27 aus Erdmann's Journ. f. prakt. Chem.

2) Nach Wittstein wäre das Thonerdephosphat gleichfalls in Essigsäure löslich, nur etwas langsamer als die übrigen.

aus gleichen Theilen Schwefelsäure und Wasser, verdünnt mit Weingeist, filtrirt, setzt etwas Wasser zu, verdunstet den Weingeist, neutralisirt mit Ammoniak und reagirt wie oben. Durch Kochen, oder Glühen des unlöslichen Phosphats mit kohlensaurem Natron erhält man gleichfalls ein auflösliches phosphorsaures Salz. Zur Entdeckung sehr kleiner Mengen versetzt man die zu prüfende Flüssigkeit mit einigen Tropfen Eisenchloridlösung, fällt dann mit Ammoniak, löst den Niederschlag in Salzsäure und setzt essigsaure Kaliauflösung zu, wodurch ein Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd, bei sehr geringen Mengen oft erst nach 24 Stunden entsteht.

Unlösliche Phosphate, oder aus den löslichen Salzen gefälltes Bleioxyd- oder Kalkphosphat geben auf Kohle mit Borsäure und feinem Eisendraht geschmolzen eine spröde Kugel von Phosphoreisen. Sie färben die Flamme entweder schon für sich, oder beim Befeuchten mit Schwefelsäure bläulichgrün. Das Bleiphosphat schmilzt zu einer beim Erkalten krystallisirenden (polyedrisch werdenden) Perle. Um zu ermitteln, ob das fragliche Salz eine Verbindung der Modification a, b oder c der Phosphorsäure ist (vgl. S. 133) muß man die letztere isoliren. Man fällt die Auflösung des alkalischen Phosphats mit einer Bleisalzauflösung, scheidet aus dem ausgewaschenen Niederschlag die Phosphorsäure durch Schwefelwasserstoff ab und untersucht dieselbe näher.

Borate. Vorkommen.

Noch weit sparsamer als die Phosphate finden sich die borsauren Salze in der Natur. Am reichlichsten kommen die Borate des Natrons und der Magnesia vor; ersteres am Grunde und an den Ufern einiger Seen in Tibet und Persien, auf Ceylon und Südamerika; letzteres (den Boracit) hat Karsten als Gebirgsart im Steinsalzgebirge bei Staßfurth gefunden. Außerdem gehören hierher der Datolith (borsaure mit kieselsaurer Kalkerde), der Turmalin und Axinit (aus mehreren Basen mit Kieselsäure und 1—9 Procent Borsäure zusammengesetzte Mineralien).

Darstellung.

Man erhält die auflöslichen Borate durch Sättigung der Basen mit Borsäure, die schwerlöslichen durch Zersetzung auflöslicher Salze der entsprechenden Oxyde mittelst borsauren Natrons, manche, wie das neutrale Kali- und das Quecksilberoxydsalz nur durch Zusammenschmelzen mit Borsäure.

Eigenschaften.

Die Borate krystallisiren durchgängig in Prismen, nur der Boracit, das doppeltborsaure Ammoniak und das aus einer heißen Auflösung angeschossene zweifachborsaure Natron in Oktaëdern. Sie enthalten ziemlich viel Krystallwasser und verwittern daher zum Theil, jedoch nur oberflächlich. Die künstlich durch Schmelzen erhaltenen Borate bilden Gläser, die auf nassem Wege erzeugten gelatinöse Niederschläge. Ihre Farbe entspricht dem Metalle der Basis. Die Farbe der Niederschläge ist etwas heller als die der freien Basis.

Die alkalischen Salze sind im Ganzen ziemlich leicht löslich und zwar um so mehr, je mehr die leicht lösliche Basis und um so weniger, je mehr die schwer lösliche Borsäure vorherrscht. Auch die borsaure Molybdänsäure ist leicht löslich. Die übrigen Verbindungen sind zum Theil schwer, zum

Theil nicht löslich. Von Säuren, auch häufig von andern Salzen werden sie sämmtlich leicht aufgelöst zu leicht auflöslichen Doppelsalzen. Borsaures Silberoxyd löst sich in verdünnter Boraxauflösung und das Magnesia- und Manganborat, wahrscheinlich auch noch andere in Magnesiasalzen.

Die schwer auflöslichen werden aus den Auflösungen in Säuren wenig oder gar nicht durch Alkalien und durch Alkohol gefällt. Mineralsäuren, besonders Schwefelsäure, scheiden die Borsäure aus festen und aus aufgelösten borsauren Salzen ab, aus concentrirten Flüssigkeiten in krystallinischen Blättchen. Das neutrale Borat des Ammoniaks wird durch Ammoniakverlust, das des Kali, Natron und anderer Basen durch Anziehung von Kohlensäure aus der Luft in saure Salze verwandelt. Die neutralen Borate sind wegen dieser Unbeständigkeit weit später bekannt geworden als die sauren, in denen sich die Alkalien und alkalischen Erden mit 2, 4 und 6 Atomen Borsäure verbinden. Es gibt auch einige basische Borate, die aber noch nicht untersucht sind. Manche Borate, wie die des Eisenoxyduls und des Kupferoxyds, verlieren ihre Säure zum Theil schon durch bloßes Auswaschen. Nicht blos die neutralen, sondern selbst die 6fach borsauren Salze der stärkeren Basen reagiren noch etwas alkalisch.

Die sauren borsauren Salze sind im Allgemeinen leicht schmelzbar und zwar zu durchsichtigen Gläsern mit Ausnahme des Zinn- und Kupferoxydsalzes, welche trübe bleiben. Die wasserhaltigen blähen sich beim Entweichen des Wassers auf, wie Alaun, wenn er gebrannt wird. Die zweifach borsauren Salze gehen dann wieder zusammen und schmelzen, die neutralen bleiben in diesem porösen Zustande, weil sie äußerst strengflüssig sind. Wasserstoff und Kohlenstoff vermögen die borsauren Salze eben so wenig als die freie Borsäure zu reduciren.

Erkennung. Man erkennt die borsauren Salze am besten daran, daß sie mit verdünnter kochender Schwefelsäure zersetzt beim Erkalten Borsäure in Krystallschuppen absetzen und daß, wenn die saure Flüssigkeit eingetrocknet und die Masse mit Weingeist digerirt wird, dieser, besonders beim Umrühren, oder auf Baumwolle oder Papier mit grüner Flamme verbrennt. Ebenso färbt das mit 1 Theil Flußspath und 4½ Theil zweifach schwefelsaurem Kali gemengte Borat am Platindraht die Löthrohrflamme im Augenblicke des Schmelzens grün.

Silicate. Vorkommen. Keine Säure bildet mehr natürlich vorkommende Salze als die Kieselsäure, theils wegen der außerordentlichen Verbreitung dieser Säure im Mineralreich, theils wegen der geringen Löslichkeit und Zersetzbarkeit ihrer Verbindungen. Bei Weitem am reichlichsten finden sich aber die Silicate der Thonerde. Solche Thonerdesilicate, welche sich theils durch das Verhältniß ihrer Hauptbestandtheile, theis durch gewisse, aus Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen- und Manganoxyden bestehende Nebenbestandtheile von einander unterscheiden, sind der Sillimanit, Cyanit, Andalusit, Chiastolit, Fahlunit, Killinit, Turmalin, Margarit, Obsidian, Pechstein, Perlstein, Bimsstein und Thon. Kalkthonerdesilicate sind der Epidot, Idocras, Granat, Hessonit, Axinit, Stilbit, Brewsterit, Lau-

montit, Prehnit, Skolezit, Chabasit, Mesolit, Mesol und Thomsonit. Magnesiathonerdesilicate sind der Dichroit, Pyrop und Chlorit, Thonerdesilicate mit Natronsilicat der Sodalith und Albit, mit Kalisilicat der Feldspath, Leucit und Eläolith, mit Lithionsilicat der Spodumen und Petalit, mit Barytsilicat der Harmotom, mit Beryllerdesilicat der Phenakit, Smaragd und Euklas, Thonerdesilicat mit Fluoraluminium der Topas und Pyknit.

Magnesiasilicate sind der Pikrosmin, Pyrallolith, Chrysolith, Speckstein, Talk, Serpentin und Meerschaum, Magnesiasilicate mit Kalksilicat der Augit, Melilith, Diallag, Asbest und die Hornblende, mit Eisenoxydulsilicat der Bronzit, mit Eisenoxydsilicat der Paulit und Anthophyllit.

Kalkerdesilicate sind der Zeagonit, Ligurit, Tafelspath und Okenit, ein Kalikalkerdesilicat der Apophyllit, ein Eisenoxydulkalkerdesilicat der Lievrit.

Zirkonerdesilicate sind der Zirkon und Eudialyt, Yttererdesilicate der Gadolinit und Orthit.

Eisenoxydulsilicate sind der Chlorophäit, Chloropal und Siderosschisolith, in Verbindung mit Natronsilicat der Blaueisenstein, mit Talk- und Thonerdesilicat die Grünerde, mit Manganoxydulsilicat der Pyrosmalith.

Eisenoxydsilicate finden sich, als Anthosiderit, im Eisenkiesel und als vikarirende Bestandtheile verschiedener Thonerdesilicate, mit Eisenoxydulsilicat als Hisingerit, mit Manganoxydsilicat als Cronstedtit und mit Natronsilicat als Akmit.

Manganoxydulsilicate sind der rothe und schwarze Mangankiesel, Ceriumoxydulsilicate der Cerit und Orthit, mit Eisensilicat der Allanit, Kupfersilicate der Dioptas und Kieselmalachit, ein Zinkoxydsilicat ist der Kieselgalmei.

In diesen Silicaten vertreten sich sehr häufig die analog zusammengesetzten Basen. So kann z. B. Magnesia die Stelle von Kalk, Natron, Eisen- und Manganoxydul, so Thonerde die von Eisen- oder Manganoxyd in ihren Verbindungen vertreten und umgekehrt.

Darstellung. Man erhält die Silicate durch Zusammenschmelzen der Oxyde mit Kieselsäure, die auflöslichen auch durch Kochen der Auflösungen der Oxyde mit Kieselsäure, die unauflöslichen auch durch Zersetzung auflöslicher Salze des entsprechenden Oxyds mittelst eines alkalischen Silicates.

Eigenschaften. Die Silicate zeichnen sich vor den übrigen Salzen besonders durch die Mannichfaltigkeit ihrer Krystallformen aus. Am häufigsten findet sich aber auch hier wieder die rhombische und klinorhombische Säule. In rhombischen Säulen krystallisirt der Andalusit, Chiastolit, Killinit, Prehnit, Skolezit, Mesolit, Mesol, Dichroit, zweiaxige Glimmer, Spodumen, Topas, Pyknit, Pikrosmin, Chrysolith, Serpentin, Lievrit, Gadolinit, Orthit und Kieselgalmei, in klinorhombischen Säulen der Sillimanit, Fahlunit, Epidot, Brewsterit, Laumontit, Euklas, Augit,

Diallag, Asbest, die Hornblende, der Ligurit und Akmit. Nach diesen kommt die sonst so seltene Form der klinorhomboidischen Säule am häufigsten vor, nämlich beim Cyanit, Axinit, Stilbit, Feldspath, Petalit, Pyrallolith, Tafelspath und Allanit. In Quadratoktaëdern krystallisiren der Idokras, Thomsonit, Skapolit, Zirkon, Zeagonit und Apophyllit, in Rhomboëdern der Turmalin, Chabasit, einaxige Glimmer, Eudialyt, Siderοschisolith und Dioptas, in Dihexaëdern der Chlorit, Smaragd und Eläolith, in sechsseitigen Säulen der Cronstedtit und Pyrosmalith, in sechsseitigen Tafeln der Margarit, in Würfeln der Pyrop, in Granatoëdern der Granat und Sodalith, in Leucitoëdern der Leucit.[1])

Künstlich ist es bis jetzt noch nicht gelungen, außer dem Natronsilicat, welches klinorhombische oder rectanguläre Prismen bildet, irgend eine kieselsaure Verbindung krystallisirt herzustellen. Die auf nassem Wege erhaltenen unlöslichen Silicate bilden gelatinöse Niederschläge. Die Farbe der Schwermetallverbindungen ist, wie bei den Carbonaten und Boraten, etwas heller als die der freien Oxyde. Die auf diesem Wege dargestellten auflöslichen Silicate bilden, wie auch alle auf trocknem Wege (durch Zusammenschmelzen) bereiteten, amorphe Massen. Die der Schwermetalle sind diesen entsprechend gefärbt.

Auflöslichkeit. Die alkalischen Silicate lösen sich bei überschüssiger Basis in Wasser leicht auf, bei Überschuß der Säure sind sie, wie sämmtliche Silicate der Erden und Schwermetalle, darin unauflöslich.

Verhalten auf nassem Gegen Säuren verhalten sich die Silicate verschieden, je nachdem sie Verbindungen der a Kieselsäure oder der b Kieselsäure (vgl. S. 137) darstellen. Die Verbindungen der b Kieselsäure, welche in der Mineralogie Zeolithe heißen (von ζέω ich brause, weil sie meist zu blasigen Gläsern schmelzen), werden auf nassem Wege von den Säuren zersetzt und lösen sich darin vollständig auf, wenn die Säuren verdünnt genug sind. Die a Silicate, aus denen die meisten natürlich vorkommenden kieselsauren Verbindungen, so wie das gewöhnliche Glas bestehen, werden, auch wenn sie ein Alkali oder eine alkalische Erde enthalten, außer der Fluorwasserstoffsäure selbst von den stärksten Säuren, nicht einmal durch Schmelzen mit zweifachschwefelsaurem Kali zersetzt. Einige a Silicate, wie Granat, Vesuvian und Epidot, gehen durch bloßes Schmelzen für sich in b Silicate über, welche sich in Säuren, besonders Salzsäure, auflösen, bei den meisten geschieht dies nur, wenn sie mit einem Überschuß von Alkali oder alkalischer Erde zusammengeschmolzen werden. Bei längerer Einwirkung in der Wärme werden fast alle von concentrirter Schwefelsäure zersetzt, oder wie Glas nur angegriffen. Von Flußsäure werden sie sämmtlich ganz oder theilweise gelöst. Nur wenige werden von wässerigen ätzenden oder kohlensauren Alkalien aufgelöst. Die Auflösungen der Silicate in Wasser bläuen

---

1) Ein vollständigeres Verzeichniß der Silicate nebst Angabe ihrer chemischen Formeln von Rieckher s. im Arch. d. Pharm. 2. R. Bd. 42. S. 23—34; pharm. Centralbl. 1845. S. 618—621.

rothes Lackmuspapier und werden schon durch die Kohlensäure der Luft unter Abscheidung von Kieselsäure zersetzt. Auch die Ammoniaksalze schlagen die Kieselsäure daraus nieder.

und auf trockenem Wege.

Die Silicate, namentlich der starken Basen, sind schmelzbar, um so leichter, je mehr die Basis vorwaltet, wenn diese anders wie die Alkalien oder Bleioxyd schon für sich schmelzbar ist, und um so schwieriger, je mehr Kieselsäure vorhanden ist. Daher kommen die schwieriger schmelzbaren durch Zusatz von Alkali leicht in Fluß.

Zersetzung.

Wenn man zur Zersetzung der Silicate keine Fluorwasserstoffsäure anwenden will und dieselben von Schwefelsäure oder Salzsäure nicht angegriffen werden, so verwandelt man sie durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Alkali, kohlensaurem Baryt oder mit Kalkerde in basische Silicate, welche sich auf nassem Wege durch Säuren leicht zersetzen lassen.

Erkennung.

Um die Gegenwart der Kieselsäure in unauflöslichen Silicaten zu entdecken, müssen sie zuvor mit dem 3- bis 4fachen Gewichte kohlensaurem Kali zusammengeschmolzen werden. Man erkennt dann die Kieselsäure in der nicht zu verdünnten Auflösung dieser Verbindung wie in den auflöslichen Silicaten überhaupt daran, daß sie mit concentrirter Salzsäure einen gelatinösen Niederschlag bildet, welcher sich von einem Thonerdeniederschlag dadurch unterscheidet, daß er im Überschusse des Fällungsmittels unauflöslich ist. Verdünnte Salzsäure löst ihn jedoch auf. Vor dem Löthrohre entdeckt man die Kieselsäure durch Zusammenschmelzen einer Probe mit phosphorsaurem Ammoniak-Natron, worin sich die Kieselsäure nur in geringer Menge auflöst, während der größte Theil davon als aufgeschwollene Masse im Glase schwimmt, das beim Erkalten opalisirt.

Aluminate. Vorkommen.

So häufig die Thonerde in der Natur als Basis wenigstens in Silicaten vorkommt, so selten sind die Salze, in denen sie die Stelle einer Säure vertritt. Sowohl die Zahl, als die Menge der einzelnen Aluminate oder thonsauren Salze ist sehr beschränkt. Es gehören hierher der Spinell (Magnesiaaluminat), der Chrysoberyll (Beryllerdealuminat mit Thonerdesilicat), der Pleonast (Eisenoxydulaluminat, worin das Eisenoxydul in größerer oder geringerer Menge durch Magnesia vertreten ist), der Gahnit (Zinkoxydaluminat) und das Bleigummi (Bleioxydaluminat), sämmtlich mineralogische Seltenheiten.

Darstellung.

So selten die Aluminate in der Natur vorkommen, so wenige wurden auch bis jetzt künstlich dargestellt, weil noch keines derselben eine technische Anwendung gefunden hat, mit Ausnahme des Kobaltaluminates, welches eine sehr schöne und haltbare blaue Farbe (Leithner's Blau) bildet und bei der Reaction auf Thonerde mit Kobaltauflösung vor dem Löthrohre entsteht. (Vgl. unter Thonerde).

Man erhält die Aluminate im wasserfreien Zustande durch Glühen oder Zusammenschmelzen der Thonerde mit den entsprechenden freien oder kohlensauren Oxyden, im wasserhaltigen Zustande die auflöslichen (alkalischen) Aluminate durch Auflösen der Thonerde in Kali- oder Natronlauge, (die Ammoniakflüssigkeit löst nur sehr wenig Thonerde auf);

die unlöslichen Aluminate gewöhnlich durch Fällung auflöslicher Salze der entsprechenden Basen durch Kalialuminat.

Entstehung als Nebenprodukte.

Manche Aluminate entstehen auch bei chemischen Operationen als Nebenprodukte. So zieht man z. B. bei der Scheidung des Eisens von der Thonerde letztere durch Kalilauge als auflösliches Aluminat aus. So entstehen bei der Zersetzung der natürlichen Aluminate durch Zusammenschmelzen mit Alkalien, mit Zinkoxyd, Eisenoxydul ꝛc. gemengte Aluminate der Alkalien. So erhält man, wie schon oben bemerkt wurde, Kobaltaluminat bei der Reaction auf Thonerde vor dem Löthrohr.

Eigenschaften. Form.

Die natürlich vorkommenden Aluminate, bis auf das Bleigummi, welches man noch nicht in ausgebildeten Krystallen gefunden hat, krystallisiren in Oktaëdern. Von den künstlich dargestellten hat man blos das Kalisalz in Krystallen erhalten. Sie zeichnen sich durch eine bedeutende Härte aus, welche die des Quarzes übertrifft.

Von den künstlich erzeugten Aluminaten sind blos die der fixen Alkalien und der alkalischen Erden auf trockenem Wege dargestellt worden, mit Ausnahme des Magnesiaaluminates, welches sich auf diesem Wege nicht herstellen läßt. Die, welche man kennt, erscheinen meist als undurchsichtige, wenig zusammenhängende Massen. Der Kalk bildet mit der Thonerde eine neutrale und zwei basische Verbindungen. Die erstere ($\dot{\mathrm{Ca}}\,\overline{\overline{\mathrm{Al}}}$) ist ein wachsglänzender Schmelz (Email), die halbbasische ($\dot{\mathrm{Ca}}_3\,\overline{\overline{\mathrm{Al}}}_2$) eine bald dichte, bald poröse Masse und die zweifach basische ($\dot{\mathrm{Ca}}_3\,\overline{\overline{\mathrm{Al}}}$) ein Glas, das Natronaluminat gleichfalls ein Schmelz.

Farbe.

Die Aluminate der Alkalien und alkalischen Erden sind zwar meistens, wie fast alle ihre Salze, farblos oder weiß, doch machen das Kali-, Baryt- und Strontiansalz (im wasserfreien Zustande) hiervon eine Ausnahme, das erstere ist grau, die beiden andern grünlich oder blau.

Die auf nassem Wege dargestellten unlöslichen Aluminate bilden gelatinöse Niederschläge, deren Farbe bei den Schwermetalloxyden etwas heller ist, als bei diesen Oxyden im freien Zustande.

Chemisches Verhalten.

Die natürlichen sind sämmtlich luftbeständig, von den künstlich erzeugten werden mehrere allmälig von der Kohlensäure der Luft zersetzt. Sie sind mit Ausnahme der alkalischen in Wasser sämmtlich unauflöslich. Die natürlichen werden auf nassem Wege nur von Fluorwasserstoffsäure zersetzt, von andern Säuren oder Alkalien werden sie weder angegriffen, noch aufgelöst. Die künstlich dargestellten werden von den Säuren, welche mit ihren Basen, und von den Alkalien, welche mit ihren Basen (z. B. Zink) und mit der Thonerde auflösliche Verbindungen bilden, aufgelöst. Sonst werden sie wenigstens von den Alkalien zersetzt, indem ihnen diese die Thonerde entziehen.

Die natürlichen Aluminate sind für sich unschmelzbar, werden aber von Borax und Phosphorsalz vor dem Löthrohre aufgelöst. Auch die künstlich dargestellten sind nicht oder sehr schwer schmelzbar, leichter bei vorwaltender Basis. Nur das Natron- und halbbasische Kalkaluminat sind

leicht schmelzbar, das zweifachbasische Kalkaluminat ist dagegen noch schwerer schmelzbar, als das neutrale.

Die natürlichen Aluminate können, wenn man keine Fluorwasserstoffsäure anwenden will, nur auf trockenem Wege zersetzt werden und zwar durch Zusammenschmelzen mit ätzenden oder kohlensauren Alkalien, jedoch nur schwierig, leichter durch kohlensauren oder salpetersauren Baryt, am schnellsten und vollständigsten aber durch Schmelzen mit doppeltschwefelsaurem Kali[1]).

Erkennung.

Man erkennt die Aluminate daran, daß sie, als Pulver mit Kobaltauflösung befeuchtet und geglüht, schön blau werden. Durch ihre Auflöslichkeit in Phosphorsalz unterscheiden sie sich von den Silicaten.

Insbesondere sind jetzt nur noch die im Gebiete der Forstwissenschaft wichtigen Metalle nebst ihren Verbindungen zu beschreiben.

Leichtmetalle.

Kalium.

Zeichen K. Atomgewicht und Äquivalent 489,916.

Man erhält es durch heftiges Glühen eines Gemenges von verkohltem Weinstein oder kohlensaurem Kali mit Kohle.

Es ist zinnweiß, bei gewöhnlicher Luftwärme geschmeidig und weich, in der Kälte spröde, von 0,86 specifischem Gewicht, schmilzt bei + 55° C., verflüchtigt sich bei Rothglühhitze als grünes Gas. An der Luft läuft es schnell bleigrau an, dann weiß, indem es sich oxydirt, beim Erhitzen entzündet es sich sowohl an der Luft, als in allen sauerstoffhaltigen Gasen, und verbrennt mit rother Flamme zu Kaliumoxyd oder Kali. Auch ins Wasser und selbst auf Eis geworfen verbrennt es mit Heftigkeit und entzündet den Wasserstoff. Die meisten sauerstoffhaltigen Körper und Chlormetalle werden durch Kalium reducirt. Man muß es daher unter einem sauerstofffreien Körper, unter rectificirtem Steinöl (Kohlenwasserstoff) aufbewahren, um die Oxydation an der Luft zu verhüten. Aber auch durch den beim Öffnen des Gefäßes zutretenden Sauerstoff der Luft bedeckt es sich allmälig mit einem braunen Überzug von Harzseife aus Kali und durch den Sauerstoff der Luft verharztem Steinöl.

Kali.

Das Kali, $\dot{K}$, kommt außer seinen Verbindungen mit Säuren nur als Hydrat (Ätzkali) $\dot{K}\dot{H}$ vor, natürlich jedoch weder frei, noch als Hydrat, sondern an verschiedene Säuren gebunden, wie Schwefel-, Phosphor-, Salpeter-, Kiesel-, Sauerklee-, Weinstein- und verschiedene andere organische Säuren, im Mineralreich im Feldspath, Glimmer, Basalt, Klingstein, Granit etc., weniger im Thierreich, am meisten aber im Pflanzenreich, wo es beim Einäschern durch Verbrennung der Pflanzensäuren als kohlensaures Kali zurückbleibt.

---

1) Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 51. S. 275—284; pharm. Centralbl. 1841. S. 81—83.

Darstellung des Kali.

Man erhält es, wenn man einer kochenden Auflösung von 1 Theil kohlensaurem Kali in 7 Gewichtstheilen Wasser allmälig ½ Gewichtstheil gebrannten Kalk zusetzt, wobei die Kohlensäure mit dem Kalk als unauflösliche Verbindung zu Boden fällt, während die Flüssigkeit Kali enthält, oder (nach Bizio) indem man eine Auflösung von 1 Theil kohlensaurem Kali in 12 bis 15 Theilen Wasser mit 1 Theil Kalkhydrat in einer verschlossenen Flasche unter öfterem Umschütteln bei 20 bis 25° C. 24 Stunden stehen läßt.

Das Kalihydrat (Ätzstein) ist eine feste, weiße, stark ätzende, geruchlose Masse, die selbst bei starker Kälte an der Luft durch Wasseranziehung zerfließt, Kohlensäure aufnimmt und mit bedeutender Wärmeentwickelung (durch Bindung von Krystallwasser) sich in ½ Gewichtstheil Wasser auflöst, auch in Weingeist ist es löslich. Sein Wassergehalt (16%) kann nicht durch Wärme, sondern nur durch Säuren ausgetrieben werden, es schmilzt noch vor dem Glühen und verdampft langsam in starker Glühhitze. Seine Auflösung (Ätzlauge) färbt rothes Lackmuspapier blau, macht die Finger schlüpfrig, verändert überhaupt die meisten organischen Körper und ist die stärkste aller Basen und kann deswegen nur in blanken Eisen- und Silbergefäßen, nicht aber in Glas- oder Thongeschirren geschmolzen werden, weil sie davon zersetzt werden; selbst Platinagefäße werden davon zerstört, indem sich dieses Metall in Berührung mit schmelzendem Kali oxydirt, um mit Kali ein Salz zu bilden.

Ausmittelung

Man erkennt das Kali im freien Zustande sowohl, als in seinen Salzen daran, daß es aus concentrirten Auflösungen von überschüssiger Weinsteinsäure als ein weißer krystallinischer Niederschlag von doppeltweinsteinsaurem Kali, von schwefelsaurer Thonerde nach Sättigung des freien Kalis ebenso als Kalithonerdesulphat (Alaun) gefällt, von Platinchlorid als gelber körniger Niederschlag von Kaliumplatinchlorid, von Kohlenstickstoffsäure mit blaßgelber Farbe gefällt wird. Vor dem Löthrohre gibt es sich zu erkennen, daß es von Nickeloxyd gelb gefärbtes Boraxglas blau und die Löthrohrflamme violett färbt. Letzteres erkennt man auch ohne Löthrohr, wenn man Kali oder ein in Weingeist lösliches Salz, z. B. Chlorkalium, in Weingeist löst und denselben anzündet. Wenn man daneben eine gewöhnliche Weingeistflamme abbrennen läßt, so findet man die Farbe der ersteren deutlich violett.

Anwendung.

Das Kali findet sowohl in der Chemie, als in der Technik eine sehr manchfaltige Anwendung. Seine Auflösung dient als Lösungsmittel für Kieselsäure, Thonerde, Schwefel und elektronegative Schwefelmetalle und Metalloxyde, zur Fällung von Erden und Metalloxyden, die man nicht als Carbonate haben will, besonders, um sie an ihrer Farbe im freien Zustande zu erkennen, zur Entwickelung und Erkennung des Ammoniaks, welches vom Kali sehr leicht aus seinen Verbindungen abgeschieden wird, zur Auflösung organischer Körper, wie Eiweiß, Kleber, Faserstoff ꝛc. Die Ätzlauge dient ferner zur Seifenbereitung, Harzbleicherei, Färberei, in der Medicin ꝛc.

Die Kalisalze sind in Wasser löslich, enthalten kein oder wenig Krystallwasser und verwittern daher nicht.

Kalisalze.

Kohlensaures Kali.

Das **kohlensaure Kali** $\dot{K}\ddot{C}$ kommt in der Natur nicht vor. Man erhält es im Großen in unreinem Zustande als **Pottasche** durch Auslaugen der Pflanzenasche, durch Eintrocknen der Lauge und Glühen des Rückstandes, rein durch Glühen des doppeltkohlensauren oder Einäschern des doppeltweinsteinsauren Kali's.

Früher verpuffte man ein Gemenge von doppeltweinsaurem Kali mit Salpeter, indem man es in kleinen Antheilen in einen erhitzten Eisentiegel warf. Nimmt man von beiden gleiche Theile, so erhält man den früher sogenannten **weißen Fluß**, weil die aus der Weinsäure erzeugte Kohle vollkommen verbrennt; nimmt man aber 2 Theile Kalitartrat auf 1 Theil Salpeter, so erhält man eine kohlenhaltige Masse, den **schwarzen Fluß**, so genannt wegen seiner Anwendung zu Metallreductionen [1]).

Das wasserfreie kohlensaure Kali ist eine feste, weiße, geruchlose Masse von einem dem Ätzkali ähnlichen, nur minder scharfen Geschmack, zerfließt an der Luft, löst sich in wenig mehr als seinem gleichen Gewichte kaltem und $\frac{2}{3}$ heißem Wasser [2]), nicht aber in Weingeist, die Auflösung macht die Finger schlüpfrig, färbt rothes Lackmuspapier blau, schmilzt bei starker Glühhitze, ohne Verlust von Kohlensäure und krystallisirt aus sehr concentrirten Auflösungen nur schwierig mit 2 Atomen Wasser in rhomboidischen Tafeln oder rhombischen Oktaëdern.

Man benutzt das kohlensaure Kali als Reagens zum Fällen von Salzen, deren Basen mit Kohlensäure charakteristische Niederschläge geben, und zum Aufschließen von Silicaten, welche den Säuren widerstehen.

Schwefelsaures Kali.

Das **einfachschwefelsaure Kali** $\dot{K}\dddot{S}$, welches in manchen Laven des Vesuvs, als Bestandtheil des Alauns und Alaunsteins, in vielen Mineral- und auch im gewöhnlichen Quellwasser, sowie in Pflanzen und Thieren vorkommt und häufig als Nebenprodukt bei chemischen Prozessen erhalten wird, krystallisirt in 4- oder 6seitigen Säulen ohne Krystallwasser, von bitterlichem Geschmack und löst sich in 9 Theilen Wasser auf.

---

1) Über die Darstellung von reinem kohlensauren Kali sind zu vergleichen: Wackenroder über die verschiedenen Methoden zur Darstellung des kohlensauren Kali, Ann. d. Pharm. 24. S. 17—33; Dulk, Archiv d. Pharm. 20. S. 72—75; Landmann, Bullet. de la Soc. impériale des naturalistes de Moscou, Année 1838. Nr. 1. S. 58 oder Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 46. S. 650; Mayer, Poggendorff's Ann. 46. S. 651—655; Duflos, Archiv d. Pharm. 23. S. 306 und Schubert, Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 26. S. 117. Die erwähnten Abhandlungen finden sich theils vollständig, theils im Auszug im pharm. Centralbl. 1838. S. 113—118; 1839. S. 747—748, S. 456—457 u. S. 457—459; 1840. S. 750 und 1842. S. 461.

2) Über die Löslichkeit des kohlensauren Kali bei verschiedenen Temperaturen vgl. die Tabelle von Poggiale im pharm. Centralbl. 1844. S. 824—827 aus Berzelius' Jahresbericht. 24. S. 149—154.

Das **zweifachschwefelsaure Kali** $\dot{K}\ddot{S}_2 + \dot{H}$ wird ebenfalls häufig als Nebenprodukt bei chemischen Arbeiten erhalten, krystallisirt in 4seitigen Prismen von saurem Geschmacke und saurer Reaction, verliert in höherer Temperatur Wasser und 1 Atom Schwefelsäure und löst sich in 2 Theilen Wasser.

Salpetersaures Kali.

Das **salpetersaure Kali** $\dot{K}\ddot{\dot{N}}$, Kalisalpeter, gewöhnlich nur Salpeter genannt, obgleich in der chemischen Sprache Salpeter ein Nitrat im Allgemeinen bezeichnet, ohne auf die Basis Rücksicht zu nehmen. Das salpetersaure Kali findet sich in der Natur an einigen Gesteinen der tertiären Formation ausgewittert und in mehreren Pflanzen, wie Boretsch, Dill, Schöllkraut, Löffelkraut, Tabak-, Sonnenblumen- und Maisstengel, Runkelrüben, Buglossum, Parietaria ꝛc. In thierischen Stoffen hat man es noch nicht gefunden.

Die Entstehung und Bereitung des Salpeters beruht auf Verbindung von Stickstoff, welcher bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper entweder für sich, oder mit Wasserstoff in Verbindung als Ammoniak entwickelt wird, mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure vermöge prädisponirender Verwandtschaft, welche durch die Gegenwart kohlensaurer oder freier Erden entsteht; reine oder kohlensaure Alkalien vermögen selbst aus den Bestandtheilen der Luft, namentlich dem Ammoniakgehalt derselben Salpetersäure zu bilden, um sich damit zu verbinden. Vgl. unter Salpetersäure S. 117.

Darstellung des Salpeters.

Man mengt daher in den Salpeterplantagen eine an stickstoffhaltigen Körpern reiche Erde, z. B. mit Erde vermengten verrotteten Dünger, mit Kalkschutt, errichtet davon lockere Haufen, die man durch Begießen feucht erhält. Man laugt die salpetersaure Kalkerde aus und zersetzt sie durch Pottasche, wo kohlensaure Kalkerde niederfällt, trocknet die Salpeterauflösung ein und schmilzt den braunen Rohsalpeter zur Zerstörung der braunfärbenden organischen Stoffe, löst ihn auf und läßt ihn unter Umrühren krystallisiren, um durch diese Störung der Krystallisation möglichst kleine Krystalle zu erhalten, die weniger Mutterlauge, welche noch fremde Salze enthält, einschließen. So macht namentlich ein Gehalt von Chlorkalium den Salpeter zu manchen Zwecken unbrauchbar. Man wäscht ihn daher mit einer reinen gesättigten Salpeterlösung, welche das Chlorkalium auszieht.

In volkreichen Städten, wie in Wien, laugt man die in der Nähe der Abtrittsräume befindliche Erde (Sayerde) aus. In Ungarn wittert der Salpeter an manchen Orten aus dem Boden, wo man ihn bei trockenem Wetter mit einem Pfluge abschabt und auslaugt (Kehrsalpeter). Endlich gewinnt man ihn auch durch Zersetzung des in Wasser gelösten salpetersauren Natrons durch Kalilauge, wodurch salpetersaures Kali entsteht, welches in Krystallen anschießt und Natron in der Mutterlauge bleibt.

Eigenschaften des salpetersauren Kali.

Das salpetersaure Kali bildet große sechsseitige Prismen mit zweiflächiger Zuspitzung, ohne Krystallwasser, von salzig kühlendem Geschmack, luftbeständig, in 7½ Theilen Wasser von 0° C., in fast 3½ von 18° und

in 0,4 kochendem Wasser unter Erzeugung von Kälte löslich, schmilzt leicht und entwickelt beim Glühen Sauerstoffgas unter Zurücklassung von salpetrigsaurem Kali ($\dot{K}\dddot{N}$), welches sich endlich unter Entwickelung von Sauerstoff und Stickstoff in Kali und Kaliumsuperoxyd zersetzt. Mit brennbaren Körpern, z. B. Kohle, gemengt, oder auf glühende Kohle gestreut, verbrennt es unter Verpuffung mit violetter Flamme, indem es dieselben oxydirt.

Gebrauch. Man benutzt den Salpeter zur Gewinnung der Salpetersäure, zum Einpökeln, zur Bereitung detonirender Pulver, besonders des Schießpulvers.

Schießpulver. **Das Schießpulver.** Seine Bestandtheile, Bereitung und Wirkung wurden von Roger Baco[1]) († 1294), also lange vor dem Franziskaner Berthold Schwarz, dem angeblichen Erfinder des Schießpulvers (1354), als eine bekannte Sache, indem man schon im 11. Jahrhundert schweres Geschütz brauchte, beschrieben. Die Chinesen wußten, wie es scheint, dasselbe schon vor Christi Geburt darzustellen.

Es ist ein Gemenge aus Salpeter, Kohle und Schwefel, etwa in dem Verhältnisse wie 6 : 1 : 1, oder nahezu wie 1 Äquivalent : 3 Äq. : 1 Äq., wie sich aus folgender Vergleichung ergibt.

Zusammensetzung des Schießpulvers.

	Theoretische	Preußisches Pulver	Englisches Pulver
Salpeter	74,6	75	75
Schwefel	11,9	11,5	12,5
Kohle	13,5	13,5	12,5
	100	100	100

Der Salpeter muß rein von Feuchtigkeit anziehenden Salzen, der Schwefel von erdigen Beimengungen und von Schwefelsäure sein, welche gleichfalls Feuchtigkeit anzieht, die Kohle aber muß leicht entzündlich, also von schwammigem Holze und beim Verkohlen nicht zu stark erhitzt worden sein. Man verwendet dazu geschälte und im Safte geschnittene Äste des Faulbaums (Rhamnus Frangula) oder der Traubenkirsche (Prunus Padus), die man in Cylindern verkohlt.

Darstellung des Schießpulvers. Nach der älteren Methode bedient man sich bei der Bereitung des Schießpulvers zur Zerkleinerung und Mengung der Materialien der Stampfwerke. Zuerst bringt man die Kohle mit etwas Wasser befeuchtet in die Stampflöcher, läßt sie zu Brei stampfen und setzt dann Salpeter und Schwefel zu, womit sie so lange unter einander gearbeitet wird, bis sie einen ganz gleichförmigen consistenten Teig bildet. Der Teig wird an der Luft gehörig abgetrocknet, in Pergamentsieben mit einer Holzlinse oder einem Läufer beschwert und durch Schütteln des Siebes über einem Kasten in kleinen Stücken durchgepreßt (gekörnt). Durch Normalsiebe von Pergament werden gute Körner und Staub vom Groben gesondert und

1) Nicht zu verwechseln mit Baco von Verulam, Kanzler von England im sechzehnten Jahrhundert. Er war ein englischer Mönch, 1214 geboren zu Ilchester in der Grafschaft Sommerset.

dann erstere durch Haarsiebe vom Staube befreit. Das gekörnte Pulver wird entweder an der Luft oder in Trockenstuben bei Luftheizung auf ausgespannter Leinwand getrocknet. Das Jagdpulver wird nach oberflächlichem Abtrocknen an der Luft noch der Operation des Glättens unterworfen, die man in einer um ihre Axe beweglichen, inwendig mit Längsleisten versehenen Tonne vornimmt.

Nach den neueren Methoden werden Schwefel und Kohle in Tonnen, die um ihre Axe drehbar und inwendig mit Längsleisten versehen sind, mittelst kleiner Bronzekugeln pulverisirt, ebenso der Salpeter, der feine Staub von den Kugeln abgesiebt, in dem gehörigen Verhältnisse gemengt und unter Zusatz von kleinen Zinnkugeln und etwas Wasser unter einander gearbeitet.

Ordinäres Schießpulver, namentlich Spreng- und Kriegspulver wird nun auf andere Weise behandelt, als Jagdpulver.

Man füllt den Staub in eine Trommel, die um eine durchbohrte und mit sehr feinen Löchern versehene Axe drehbar ist, und läßt durch letztere Wasser in sehr feinen Strahlen während des Umdrehens einfließen. Man setzt die Arbeit so lange fort, bis die meisten der gebildeten Körner die gewünschte Größe erlangt haben, sondert gute, zu grobe, zu feine Körner und Staub durch Sieben und trocknet die Körner zuerst an der Luft und dann durch künstliche Wärme.

Oder man preßt die Pulvermasse schichtenweise zwischen feuchten Leinwandlappen und Kupferplatten unter einer hydraulischen Presse und körnt die erhaltenen dünnen Platten nach hinreichendem Abtrocknen.

Für das Jagdpulver wird die befeuchtete Masse auf eine Bahn aus Marmorplatten geworfen und gußeiserne, am Rand mit Messing beschlagene Mahlblöcke darüber geführt. Die so verdichtete Pulvermasse wird gekörnt, dann mit Zinnkugeln zerrieben, wieder unter den Mahlblöcken mit Wasser behandelt, abermals gekörnt, aus einem Trichter zwischen zwei Leintücher ohne Ende geleitet, zwischen welchen sie kupferne Walzen passirt, zerquetscht und zu dünnen Blättern gepreßt, darauf zum letzten Male gekörnt, geglättet und getrocknet[1]).

Eigenschaften des Schießpulvers.

Gutes Schießpulver besitzt eine bläulichgraue (Schiefer-)Farbe. Eine dunklere, schwarze Farbe zeigt zu viel Kohle oder Nässe an. Es muß ein rundliches, gleiches Korn haben, darf nicht zu leicht zerbröckeln, abfärben, keine harten Theile enthalten. Beim Anzünden muß es schnell abbrennen, ohne zu prasseln, ohne einen Rückstand zu lassen, ohne die Unterlage zu versengen. Ein gelber oder schwarzer Rückstand zeigt Überschuß von Schwefel oder Kohle an, das Prasseln Feuchtigkeit, fremde Salze im Salpeter.

---

1) Eine ausführliche Beschreibung der Pulverfabrikation nebst Abbildungen findet man in Dumas' Handb. d. Chemie in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe. Weimar 1831. II. S. 679—708 und in Knapp's Lehrbuch der chemischen Technologie. Braunschweig, Vieweg. 1844. I. S. 302—328.

Damit aber gutes Pulver seine Eigenschaften behalte, muß es sorgfältig aufbewahrt werden.

Zur Entzündung des Pulvers ist eine Temperatur von 300^b C. erforderlich, eine von der Glühhitze noch ziemlich entfernte Temperatur. Ist das Pulver feucht, wie in den Pulvermühlen, so erfolgt die Detonation erst bei 350°, also kurz vor der Rothglühhitze des Eisens. Durch eine Flamme wird es schwerer entzündet, als von glimmenden kohligen Substanzen, im Wasserstoffgas gar nicht, im Stickstoffgas schwierig, in kohlensaurem Gas ziemlich leicht.

Durch einen heftigen Schlag mit einem schweren Hammer auf einen Ambos kann sich das Pulver entzünden, ferner durch einen Stoß von Eisen gegen Messing, Kupfer, Marmor, Messing gegen Messing, Blei gegen Blei, selbst gegen Holz, wenn er äußerst heftig geschieht, ebenso, wenn man Quarzkörner unter Pulver mengt und ein schweres Quarzstück darauf fallen läßt, daher das fast unfehlbare Explodiren in Pulvermühlen mit steinernen Läufern auf gußeiserner Bahn, bei Gegenwart von sehr geringen Mengen Sandstein oder Kieselerde; ebenso durch sich löschenden Kalk, durchs Abbrennen einer kleinen Menge starken Weingeists, welche auf Pulver geschüttet wurde.

Auch elektrische Funken entzünden das Pulver, wenn sie zuvor durch einen mittelmäßig guten Leiter gegangen sind, oder wenn sie lange genug mit dem Pulver in Berührung bleiben. Man hat sich daher zur Entzündung des Pulvers beim Sprengen von Felsen galvanischer Batterien bedient. Wegen der Unbequemlichkeit und Kostspieligkeit dieser Vorrichtungen schlägt Pauer vor, die Leydnerflasche in der Art anzuwenden, daß man den Verbindungsdraht durch ein etwa 6 Zoll langes, nasses Stück Leinwandschnur unterbricht.

Zur Verhütung von Explosionen mengt man nach Piobert das Pulver mit Graphit- oder Kohlenstaub, es verbrennt dann beim Entzünden ganz ruhig und langsam unter Zischen. Das Feuer pflanzt sich von einem Fasse nicht auf ein anderes fort. Um es wieder explosibel zu machen, darf man nur den Zusatz wieder absieben [1]).

Das Abbrennen des Schießpulvers.

Wenn ein glühender oder brennender Körper mit dem Pulver in Berührung kommt, so fängt die Kohle Feuer und augenblicklich erfolgt die Detonation, wird aber das Pulver allmälig bis zur Detonation erhitzt, so entzündet sich der Schwefel zuerst. Bei einem zweckmäßig gemischten Pulversatz entsteht durch dessen Entzündung Stickstoffgas, Schwefelkalium und Kohlensäure: $\dot{K}\ddot{\ddot{N}}\ S\ 3\ C = \acute{K}\ 3\ \ddot{C}\ 2\ N$. Der Geruch nach Schwefelwasserstoff bei der Schießpulverexplosion entsteht erst durch Zersetzung des Schwefelkaliums unter Mitwirkung der entstandenen Kohlensäure und des hygroskopischen Wassers des Pulvers. Bei einem Pulversatz von 74,84

1) Vgl. gemeinnütz. Wochenbl. d. Gewerbvereins zu Köln. 1845. S. 111 oder Pfenning-Magazin. 1844. S. 335.

Salpeter, 13,31 Kohle und 11,85 Schwefel entwickeln sich bei einem vollständigen Verbrennen 48,4 Kohlensäure, 10,5 Stickgas mit Zurücklassung von 41,1 Schwefelkalium. Die erzeugten Gase würden bei 0° einen 450 Mal größeren Raum einnehmen, als das Pulver, allein vermöge der beim Verbrennen desselben frei werdenden Hitze (1000°?) müssen die Gase mit gewaltiger Spannung nach Ausdehnung streben, die Kugel fortschleudern oder den Fels sprengen.

Die Kohle bedingt die Detonation durch den Salpeter, ein blos aus Kohle und Salpeter gemischtes Pulver würde sich nicht schnell genug durch und durch entzünden, nicht genug kohlensaures Gas erzeugen, da dann das Kali unzerlegt bleiben, ja selbst Kohlensäure absorbiren würde. Der Schwefel trägt zwar zur Gaserzeugung nichts bei, zersetzt aber das Kali, bildet Schwefelkalium und vermehrt durch die Sauerstoffabscheidung aus dem Kali und Verhinderung der Absorption von Kohlensäure durch das Kali die Menge des Kohlensäuregases. Salpeter und Schwefel ohne Kohle geben ein schwer entzündliches, langsam abbrennendes, wenig kräftiges Pulver, da sich hier nur wenig schwefligsaures Gas nebst schwefelsaurem Kali bildet. Je besser das Pulver ist, desto weniger verbrennt Schwefel zu schwefligsauerm Gas, wodurch Sauerstoff entzogen wird, desto weniger entsteht Kohlenoxydgas in Folge von zu großem Zusatz von Kohle. Es entsteht zwar durch Bildung von Kohlenoxydgas eine größere Gasmenge, als wenn sich Kohlensäure erzeugt, allein die Wärmeentwickelung ist im letzteren Falle um so viel größer, daß hierdurch das Gasvolum weit größer wird, als im ersteren Falle. Kohlensaures und schwefelsaures Kali sind die Folgen einer unvollkommenen Verbrennung und bleiben nebst Schwefelkalium und unverbrannter Kohle im Rückstand.

Bei Verbrennen des Pulvers in einem Kupferrohre erhielt man nachstehendes Gasgemenge:

	Chevreul	Gay-Lussac
Kohlensäure	45,41	53
Stickstoff	37,53	42
Kohlenoxyd	—	5
Stickoxyd	8,10	—
Kohlenwasserstoff	0,59	—
Eigenthümliches Gas aus Kohlenwasser und Sauerstoff	8,37	—

Die überwiegende Menge der beiden ersten Gase zeigt deutlich, daß die drei letzteren nur zufällig sind, theils von der unvollkommenen Einwirkung der Gemengtheile auf einander, theils von Feuchtigkeit herrührend. Das durch das Abbrennen des Schießpulvers erzeugte Gas besteht demnach bei vollkommener Verbrennung wesentlich wohl nur aus Kohlensäure und Stickstoff.

Das Körnen des Pulvers hat mehrere Gründe: 1) Würde das staubförmige (Mehl-)Pulver, wie es bis zum 14. Jahrhundert allein bekannt war, zu stark schmutzen. 2) Bei längerem Transport würde nicht blos viel

verstäuben, sondern es würde sich auch der schwerere Salpeter und Schwefel allmälig nach unten senken und die leichtere Kohle oben bleiben. 3) Erhöht das Körnen die Wirkung desselben, weil dadurch die Ladung so porös wird, daß die Flamme gleichzeitig jedes Korn entzünden kann. Indeß erfolgt die Zersetzung des Pulvers nicht absolut plötzlich, und explodirende Körper, bei denen die Zersetzung plötzlich erfolgt, sind nicht zum Werfen von Projektilien geeignet, sie zersprengen eher den Lauf, ehe sie die Kugel heraustreiben. Man setzt daher gewöhnlich dem Sprengpulver das mehrfache Volum an trockenen Sägespänen zu, um ein Pulver zu erhalten, welches langsamer verbrennt und eine anhaltendere, zur Bewegung großer Massen geeignetere Wirkung ausübt. Je kleiner das Korn, desto rascher erfolgt die Verbrennung, feinkörniges Pulver wirkt daher stärker als grobkörniges. Für den Jagdgebrauch, wo die Läufe sehr sorgfältig und aus dem reinsten, zähsten Eisen gearbeitet sind, also einen sehr starken Widerstand leisten, hat man die rasche Explosion nicht zu scheuen. Das Jagdpulver ist daher am feinkörnigsten, während man für die Geschütze aus sprödem Metall das gröbste und für die Musketen ein mittleres Korn anwendet. Rundes Korn nimmt weniger Feuchtigkeit auf, läßt größere Zwischenräume als eckiges, welches letztere aber bei größerem Korn weit entzündlicher ist. Das Poliren oder Glätten des Pulvers vermindert das Abschmutzen und Feuchtwerden, gibt Glanz, allein es entzündet sich schwerer[1]).

Der Rückstand vom Abbrennen des Pulvers, eine schwarzgraue Masse, wird an der Luft schnell feucht, wirkt pyrophorisch, erhitzt sich, in Wolle oder Papier eingepackt, schnell bis zum Entzünden der Hülle; nach längerem Stehen an der Luft wirkt die Masse nicht mehr pyrophorisch. Die Ursache dieser Wirkung ist das vorhandene Schwefelkalium. Letzteres veranlaßt auch durch Wasseranziehen aus der Luft das Rosten der Gewehre. Bei bronzenen Geschützen enthält der Rückstand Schwefelkupfer in Folge der chemischen Einwirkung des Schwefelkaliums auf das Kupfer der Geschütze, die dadurch ausgeweitet werden.

Wird Pulver auf einen kleinen Haufen geschüttet und angezündet, so verbrennt es vollständig ohne bedeutende Explosion, stampft man es dagegen in ein Geschütz fest ein, setzt eine Kugel oder Pfropfen darauf und feuert ab, so verbrennt es mit heftigem Knall, aber nicht vollständig, sondern es wird zum Theil unverbrannt herausgeschleudert. Es entzündet sich nämlich wegen des festen Eindrückens nicht augenblicklich, sondern, da die Explosion von hinten beginnt, wird der vordere Theil vorwärts getrieben und verbrennt theils noch im Lauf, theils wird es, ohne zu verbrennen, herausgeschleudert, die Percussionsgewehre bewirken dagegen ein vollständigeres Entzünden der Pulverladung, indem die Detonation des Knallquecksilbers einen kräftig zündenden und durchschlagenden Feuerstrahl erzeugt, so daß man mit einer um $1/5$ geringeren Ladung denselben Effekt erreicht.

---

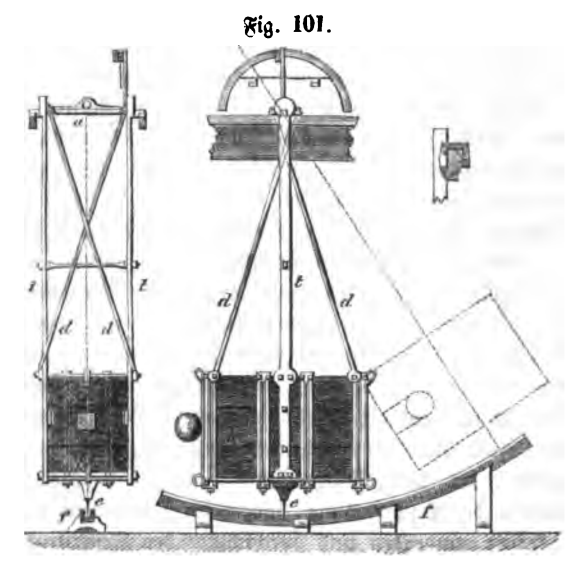
1) Über den Verbrennungsprozeß des Schießpulvers vgl. auch Leuchs' polytech. Zeitung. 1846. S. 173.

Pulverprobe. Um die **Stärke** (treibende Kraft) des Pulvers zu prüfen, bedient man sich verschiedener Werkzeuge, welche man **Pulverproben** nennt. Eine abgefeuerte Ladung setzt nämlich nicht allein die Kugel, sondern auch den Lauf in Bewegung, wie man dies beim Abbrennen der Kanonen sieht. Bei den verschiedenen Pulverproben, welche eigentlich kleine Kanonen oder Mörser sind, benutzt man beide Bewegungen, sowohl die der Kugel, als die Rückwirkung auf den Lauf, um darnach die Kraft des Pulvers zu messen.

Bei der in Österreich gebräuchlichen **Stangenprobe** mißt man die Höhe, bis zu welcher ein bestimmtes, zwischen zwei Zahnstangen verschiebbares Gewicht durch das Abfeuern gehoben wird, welches auf der Mündung eines mit einer gewissen Menge Pulver geladenen Mörsers ruht. Bei den **Probemörsern**[1]) dagegen bestimmt man die Entfernung, bis auf welche eine Kugel von bekanntem Gewichte geworfen wird, wenn der Mörser in einem Winkel von 45° aufgestellt und mit der vorgeschriebenen Pulverladung versehen ist.

Die **Pendelprobe** kann auf zweierlei Art angestellt werden. Entweder ist der **Lauf** als Pendel aufgehängt, welches dann durch den rückwirkenden Stoß bewegt wird; oder man läßt die Kugel aus einem zur Seite befindlichen Laufe in einen als Pendel aufgehängten **Kugelfang** (Kasten mit Sand oder einen mit Eisen beschlagenen Holzblock) einschlagen. In beiden Fällen mißt man den Bogen, welchen das Pendel nach dem Stoß zurücklegt. Fig. 101 zeigt letztere Vorrichtung. Der Holzblock ist an einer Axe *a* durch die beiden geraden Stangen *tt* und die vier schrägen

Fig. 101.



1) Abbildungen der Probe von Regnier und des Probemörsers s. in Dumas' Handb. d. Chemie in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe. Weimar 1831. II. Taf. 19 Fig. 9 u. 10.

dddd aufgehängt. Eine Spitze *e* durchläuft die kreisförmige Rinne *f* und zeichnet ihre Spur in weiches Wachs.

Die **Probe von Regnier** [1]) benutzt den vor- und rückwärts wirkenden Stoß. Eine kleine Messingkanone ist an einer zweischenkligen, freihängenden Stahlfeder so befestigt, daß sie sich mit der Mündung an das Ende des einen Schenkels, mit der Traube dagegen an ein mit dem andern Schenkel fest verbundenes, hakenförmiges Querstück von Eisen stützt. Der eine Schenkel wird also beim Abfeuern durch die rückwirkende, der andere durch die entgegengesetzte Kraft und mithin in einer solchen Richtung bewegt, daß die Gesammtkraft der Ladung dahin wirkt, die Schenkel einander zu nähern. Der Grad dieser Annäherung, welcher als Maßstab dient, kann an einem getheilten Bogen mit Schieber abgelesen werden.

Die **hydrostatische Probe** ist auf den rückwirkenden Theil der Kraft allein berechnet. Sie besteht aus einem Laufe, welcher senkrecht auf einem Schwimmer befestigt ist. Durch die Rückwirkung wird derselbe bis zu einer gewissen Tiefe, die man beobachtet, eingetaucht.

Chemische Analyse des Schießpulvers.

Die chemische Analyse des Schießpulvers kann auf folgende Weise ausgeführt werden: Man bestimmt zuerst durch vorsichtiges Trocknen den Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit, zieht mit Wasser aus dem getrockneten Pulver den Salpeter aus, verdampft den Auszug und wiegt den trockenen Salpeter. Eine andere Menge des getrockneten Pulvers wird mit Schwefelwasserstoffammonium digerirt, worin sich Salpeter und Schwefel auflösen, man filtrirt ab, süßt mit Schwefelwasserstoffammonium und dann mit ausgekochtem Wasser schnell aus, trocknet und wiegt die rückständige Kohle. Die Menge des Schwefels wird aus dem Verluste gefunden. Oder man behandelt das mit Wasser ausgezogene Pulver mit Schwefelwasserstoffammonium und bestimmt das Gewicht der zurückbleibenden Kohle.

Schwefligsaures Natron (durch Bildung von unterschwefligsaurem Natron $\dot{Na}\ddot{S}$) und Schwefelkalium ziehen den Schwefel auch beim Erwärmen nur langsam aus.

Beim Ausziehen mit Schwefelkohlenstoff muß zuvor das rückständige Auslaugewasser durch absoluten Alkohol verdrängt und nach dem Ausziehen mit Schwefelkohlenstoff der Rückstand mit Alkohol ausgewaschen werden.

Auch abdestilliren kann man den Schwefel von der Kohle, nachdem zuvor der Salpeter entfernt worden ist.

Gewöhnlich bestimmt man den Schwefel als schwefelsauren Baryt. Die Methode ist genauer als viele andere, weil der schwefelsaure Baryt noch nicht den siebenten Theil Schwefel enthält (100 $\dot{Ba}\dddot{S} = 13{,}717$ S). Man bringt 12 Theile einer Mischung von 1 Theil salpetersaurem Baryt mit 3 Theilen kohlensaurem Baryt innig gemengt mit einem Theil Pulver in eine unten zugeblasene Verbrennungsröhre und oben auf eine Schichte des Salzgemenges ohne Pulver, glüht von vorne nach hinten, spült mit verdünnter Salzsäure aus und kocht mehrere Stunden.

---

1) Siehe die Anmerkung S. 230.

Sand findet sich beim Verbrennen der Kohle [1]).

Chlorsaures Kali.

Das **chlorsaure Kali** $\dot{K}\,\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{Cl}}$ erhält man durch Einleiten von Chlorgas in concentrirte Kalilauge, bis Lackmuspapier darin gebleicht wird. Die Flüssigkeit enthält Chlorkalium und unterchlorigsaures Kali und dient so als Eau de Javelle (Javelle'sche Lauge) als Bleich- oder Fleckwasser. Durch Abdampfen der Auflösung zerlegt sich das unterchlorigsaure Kali in Chlorkalium und chlorsaures Kali, wovon letzteres beim Erkalten anschießt und durch Umkrystallisiren von Chlorkalium befreit wird. Statt Ätzkali läßt sich auch kohlensaures Kali anwenden.

Es bildet perlmutterglänzende, weiße Krystallblättchen von kühlend-salzigem Geschmack, in 16 Theilen kaltem und weniger als 2 Theilen siedendem Wasser löslich. Bei gelinder Hitze schmilzt es ohne Zersetzung, bei höherer entwickelt es Sauerstoffgas und verwandelt sich in Chlorkalium und überchlorsaures Kali, bis endlich blos Chlorkalium zurückbleibt. Mit brennbaren Körpern gemengt explodirt es durch Erhitzung, Druck oder Reibung mit heftigem Knall. In rauchende Schwefelsäure geworfen zersetzt es sich unter Explosion in schwefelsaures Kali, Chlor- und Sauerstoffgas.

Anwendung.

Man gebrauchte das chlorsaure Kali mit Schwefel und Phosphor zur Bereitung der Streichzündhölzer, jetzt wendet man dafür Salpeter an, weil dieser ein ruhigeres Verbrennen bewirkt und daher das Spritzen der brennenden Masse verhütet. Man hat auch dieses Salz zur Bereitung von Schießpulver versucht. Letzteres wirkt allerdings viel kräftiger als Salpeter, aber seine Anwendung ist so gefährlich, indem es beim Zusammenmischen, Aufbewahren und Transportiren sehr häufig explodirt, daß man es wieder aufgeben mußte, abgesehen davon, daß es auch viel theurer ist als Salpeter. Der Versuch, es als Zündkraut zu benutzen, scheiterte sowohl aus diesem Grunde, als, weil das beim Entzünden freiwerdende Chlorgas das Eisen stark angreift, so daß man Schlagröhren und Zündlöcher mit Gold oder Platin ausfüttern müßte. Man wählte daher das sicherere und vorzüglichere Knallsilber, womit man jetzt allgemein die Zündhütchen füllt.

Kieselsaures Kali.

Kieselsäure kann sich mit dem Kali in mehreren Verhältnissen verbinden, mehrere solcher Verbindungen kommen im Mineralreich vor, wie im Feldspath, Glimmer, Leucit, Apophyllit, Chabasit, Harmotom ꝛc., mit kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kalk, worin die Sauerstoffmenge der Kieselsäure zu der des Kali sich verhält = 2, 3, 6 : 1. Auch künstlich lassen sich verschiedene dieser Verbindungen herstellen. Die Verbindungen des Kali mit wenig Kieselsäure sind im Wasser leicht löslich, bei größerer Menge der Kieselsäure aber schwer löslich oder ganz unlöslich.

---

1) Vgl. die Abhandlung über Analyse des Schießpulvers von Marchand im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 32. S. 48—61 u. 38. S. 193—214 und von da in Dingler's polytech. Journ. Bd. 93. S. 288 u. Bd. 101. S. 368 und pharm. Centralbl. 1846. S. 937—942 und Dr. Werther im Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt. Bd. 20. 1846. S. 54—59 u. 68—70.

Eine sehr basische Verbindung von Kali mit Kieselsäure ist die **Kieselfeuchtigkeit**, welche man durch Zusammenschmelzen von 1 Theil Quarzpulver und 3 Theilen kohlensaurem Kali erhält als eine durchsichtige, farblose (grünliche) Glasmasse, die sich in Wasser leicht auflöst, an der Luft feucht wird und mit einer Säure vermischt oder auch allmälig durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft gallertartige Kieselsäure absetzt. Diese Verbindung stellt man dar zur Bereitung reiner Kieselsäure und beim Aufschließen kieselsäurehaltiger Mineralien, indem man dieselben mit 3—4 Theilen kohlensaurem Kali (oder Natron) zusammenschmilzt.

Das **Wasserglas** erhält man durch Zusammenschmelzen von 3 Theilen feinem Quarzsand, 2 Th. gereinigter Pottasche und $\frac{1}{5}$ Kohlenpulver. Letzteres soll die Kohlensäure der Pottasche in Kohlenoxydgas verwandeln, wodurch die Zersetzung erleichtert wird, andererseits soll es den Gehalt der Pottasche an schwefelsaurem Kali in Schwefelkalium zersetzen, um so alles vorhandene Kali zu benutzen. Die Glasmasse ist grauschwarz, porös, verliert an der Luft durch Anziehen von etwas Wasser den Glasglanz [1]). Setzt man es gepulvert der Luft aus, so wittern noch vorhandene fremde Salze aus und lassen sich durch kaltes Wasser leicht abspülen. Man löst dann das Glas in 5—6 Theilen kochendem Wasser auf, indem man es in kleinen Portionen zusetzt und verdampft zur Syrupsdicke, weil sie bei dieser Consistenz von der Kohlensäure der Luft nicht verändert wird, wohl aber dünnflüssig. Die Auflösung bildet beim Eintrocknen eine farblose, durchscheinende Glasmasse von muscheligem Bruch und Glasglanz, welche durch die Kohlensäure der Luft nicht verändert wird. Man benutzt das Wasserglas als Überzug für Gegenstände von Holz, Leinwand, Papier, um sie vor dem Anbrennen zu schützen. Man bestreicht dieselben mit einer Auflösung des Glases, welcher man irgend eine feuerfeste Körperfarbe zugesetzt hat, wie Kreide, gelbe und grüne Erde, Thon, Knochenasche, Glaspulver, Bleiglätte ꝛc.

Zu den unlöslichen Verbindungen des Kali mit Kieselsäure gehört jene, welche mit Natron- und Kalksilicat das gewöhnliche Fensterglas bildet.

Von den Haloidsalzen ist hier nur zu erwähnen das

Cyankalium.

Cyankalium, $K\,Cy$. Es kommt, wie Cyanverbindungen überhaupt, nie natürlich, sondern nur als Kunstprodukt vor. Man erhält es im unreinen Zustande durch Glühen von Thierstoffen (Stickstoffkohle) mit Pottasche, rein bis auf eine Beimengung von Kohle durch Zusammenschmelzen von 8 Theilen Cyaneisenkalium mit 3 Theilen kohlenstoffhaltigem kohlensauren Kali (geglühtem Weinstein) und 1 Theil Kohlenpulver. $2\,K\,Cy + Fe\,Cy'$
$\dot{K}\ddot{C}\;C = 3\,K\,Cy\;Fe\;\ddot{C}\;\dot{C}$.

Das Cyankalium hat einen alkalischen und zugleich blausäureartigen Geschmack und Geruch, krystallisirt in Oktaëdern, zerfließt an der Luft

1) Nach Mitscherlich erhöht Natronzusatz die Schmelzbarkeit des Kalisilicats, macht das dadurch erhaltene Wasserglas so hart, daß es Glas ritzt, die Auflösung gerinnt nicht und vertrocknet zu einem firnißartigen Überzug.

und wird dabei allmälig in kohlensaures Kali zersetzt. Es schmilzt sehr leicht, schon in einer bei Tageslicht nicht mehr sichtbaren Rothglühhitze, indem es sich dabei, jedoch nur sehr langsam zu cyansaurem Kali oxydirt. Es ist ein ebenso heftiges Gift als die Blausäure.

Vermöge des verschiedenen Verhaltens der Salze zur Auflösung des Cyankaliums findet es sowohl zur qualitativen als quantitativen Analyse vielfache Anwendung. Die Salze der Alkalien, alkalischen und eigentlichen Erden, so wie die von Antimon, Zinn, Blei und Wismuth werden beim Zusammenbringen mit Cyankalium nicht zu Cyaneten, während die Salze der übrigen Metalloxyde davon in Cyanmetalle verwandelt werden. Die Salze der ersten Abtheilung werden vom Cyankalium entweder als Oxyde vollständig gefällt wie Kalk, Baryt, Strontian, Bittererde (letztere nur beim Kochen), Thonerde, Blei und Wismuth, oder unvollständig wie Antimon und Zinn oder gar nicht, wie Kali, Natron und Ammoniak.

Die Metalle der zweiten Abtheilung werden in Wasser nicht, wohl aber in Cyankalium als Doppelcyanete aufgelöst. Einige werden durch Säuren aus letzterer Auflösung durch Zersetzung des Cyankaliums wieder gefällt. Die Niederschläge sind entweder in Salpetersäure unlöslich wie Cyansilber, schwerlöslich wie Cyannickel, oder leichtlöslich wie Kupfercyanür, Cyanzink, Cyancadmium, Palladiumcyanür, Platincyanid.

Andere, welche nur in viel Cyankalium auflöslich sind, werden aus diesen Auflösungen von Säuren nicht gefällt, wie Eisen, Kobalt, Mangan, Chrom und Uran. Eines, das Cyanquecksilber ist in Wasser löslich.

Bei Versuchen auf trocknem Wege dient das Cyankalium wegen seines dünnen Flusses schon bei niedriger Temperatur als Flußmittel und wegen seiner Neigung, beim Erhitzen in cyansaures Kali überzugehen, als ein gutes Reductionsmittel für Metalloxyde. Es übertrifft zwar in dieser Beziehung die Kalisalze der Pflanzensäuren und den schwarzen Fluß nicht, aber es hat vor ihnen den Vorzug, daß die Metalle nicht kohlehaltig werden.[1]).

Natrium.

Zeichen Na. Atomgewicht und Äquivalent 290,897.

Natron. Es ist silberweiß, starkglänzend, bei mittlerer Temperatur weich und geschmeidig, von 0,93 specifischem Gewicht, schmilzt bei + 90° C., verflüchtigt sich schwieriger als Kalium, erst bei Weißglühhitze, läuft an der Luft nicht so schnell an, wie Kalium, oxydirt sich in kaltem Wasser unter Wasserstoffgasentwickelung, aber ohne Entzündung, in heißem Wasser verbrennt es mit gelber Flamme. Es wird wie das Kalium aufbewahrt und dargestellt.

Das **Natron** $\dot{Na}$ kommt wie das Kali außer seinen Verbindungen mit Säuren nur als Hydrat $\dot{Na}\dot{H}$ (Ätznatron) vor; natürlich nicht als

---

1) Eine ausführliche Abhandlung über die Anwendung des Cyankaliums in der chemischen Analyse von Haidlen und Fresenius s. in den Ann. d. Chem. u. Pharm. 43. S. 129—149; pharm. Centralbl. 1842. S. 687—700.

Hydrat, sondern nur an verschiedene Säuren gebunden, wie Kohlen-, Schwefel-, Phosphor-, Borax-, Salpeter-, Kieselsäure rc., im Pflanzen- und Thierreich, besonders aber in verschiedenen Fossilien, wie Natrolith, Sodalith, Analcim, Zeolith, Albit, Labrador, Lava, Basalt, Chabasit, Mesotyp, Mesolith, Mesole, Skapolith, Natronspodumen, Eläolith rc.

Seine Darstellung und Eigenschaften kommen mit denen des Ätzkali ganz überein, doch zerfließt es, obschon es Feuchtigkeit anzieht, nicht an der Luft, sondern es bläht sich dabei auf, unter Anziehung von Kohlensäure und zerfällt dann zu Pulver.

Ausmittelung des Natrons.

Man erkennt das Natron sowohl im freien Zustande, als in seinen Salzen daran, daß es zwar die den Alkalien im Allgemeinen (s. S. 199), aber weder die dem Kali, noch dem Ammoniak ins Besondere zukommenden Reactionen zeigt. Dagegen bringt es nach Sättigung von etwa vorhandenem freien, oder kohlensauren Natron, oder Kali, eine Auflösung von neutralem antimonsauren Kali auch noch bei 500facher Verdünnung ihrer Lösung eine Trübung und später einen krystallinischen Niederschlag hervor, der nur mit dem verwechselt werden kann, welcher bei Talkerdesalzen entsteht; man muß sich daher zuvor von deren Abwesenheit überzeugt haben. Leichter gelingt die Erkennung des Natrons auf trocknem Wege. Es färbt nämlich die Löthrohrflamme deutlich pomeranzengelb, ebenso die Flamme des Weingeistes, worin man Natron, oder ein darin auflösliches Natronsalz gelöst hat. Endlich färbt es nicht wie das Kali und seine Salze durch Nickeloxyd gelbgefärbtes Boraxglas blau, sondern läßt es unverändert.

Anwendung des Natrons.

Man benutzt das Natron in der Chemie und Technik zu fast denselben Zwecken wie das Kali und es wird, wo es mit diesem in seinen chemischen Eigenschaften übereinstimmt, wegen seines geringeren Preises und seiner größeren Sättigungscapacität noch häufiger verwendet, als dieses.

Natronsalze.

Die Natronsalze sind im Wasser löslich, und enthalten häufig Krystallwasser, weshalb viele verwittern.

Kohlensaures Natron.

Das **kohlensaure Natron** oder Soda $\dot{Na}\ddot{C} + 10\dot{H}$ findet sich in einigen Mineralquellen aufgelöst, wie im Karlsbader Wasser, in größerer Menge in den heißen vulkanischen Quellen auf Island, im Geyser, als Efflorescenz auf verschiedenen Gesteinen, an den Ufern der Natronseen in Ägypten, Persien, der Tatarei, in Ostindien, China, Thibet, Mexico, Ungarn, bei Bilin, Eger u. a. O. in Böhmen; es wittert auch zuweilen in zarten Nadeln aus feuchten Mauern aus, wo es von einer Zersetzung des Chlornatrium durch den Kalk des Mörtels herrührt.

Darstellung.

Man erhält es durch Auslaugen der Asche von Strandgewächsen, ebenso wie die Pottasche aus der Holzasche, oder durch Zersetzung des schwefelsauren Natrons, indem man es mit gepulvertem Kalkstein (kohlensaurem Kalk) und Kohle zusammenschmilzt: $3\,\dot{Na}\dddot{S}\ 4\,\dot{Ca}\ddot{C}\ 19\,C = 3\,\acute{Na}\ 4\,\dot{Ca}\ddot{C}\ 7\,C\ 12\,\dot{C} = 3\,\acute{Na}\ 4\,\dot{Ca}\ 3\,C\ 20\,\dot{C} = 3\,\acute{Na}\ 3\,\acute{Ca}\dot{Ca}\ 3\,C\ 20\,\dot{C}$. Mit der noch übrigen Kohle bilden 6 Atom Sauerstoff aus

der Luft Kohlensäure, die sich mit dem Natron vereinigt: $3\,\dot{Na}\ddot{C}$ $3\,\acute{C}a\dot{C}a$ $20\,\dot{C}$. Die aus Natron und einer Verbindung von Kalkerde mit Schwefelcalcium (Calciumoxysulphuret) bestehende Masse läßt man an einem feuchten Orte zerfallen, wobei sich das Natron in kohlensaures Natron verwandelt, welches man durch Auslaugen mit Wasser von der darin unlöslichen Kalkverbindung trennen kann.

Letzteres Verfahren wurde von dem Franzosen Leblanc erfunden, nachdem die französische Regierung unter Napoleon einen Preis von einer Million Franken auf die Erfindung eines einfachen Verfahrens, Soda aus Kochsalz darzustellen, ausgesetzt hatte, weil bei der Erschwerung des Handels durch den Krieg mit Spanien, woher bis dahin der größte Theil der Soda bezogen worden war, letztere bedeutend im Preise stieg. Obgleich diese Erfindung Frankreich und ganz Europa viele Millionen ersparte, erhielt dennoch Leblanc den ausgesetzten Preis nicht, weil ihn die Restauration nach Napoleons Sturz nicht anerkannte. Endlich erhält man die Soda auch als Nebenprodukt bei der Darstellung von Kalisalpeter mittelst Zersetzung von salpetersaurem Natron durch kohlensaures Kali, wobei zuerst das schwerer lösliche salpetersaure Kali, dann kohlensaures Natron krystallisirt.

Eigenschaften. Das krystallisirte kohlensaure Natron bildet wasserhelle schiefe rhombische Säulen von scharfem Laugengeschmack, die sich in 2 (das wasserfreie in 6) Theilen kaltem und 1/4 (das wasserfreie in 2) Theil heißem Wasser[1]) auflösen, Lackmus bläuen und unter Verlust ihrer 63% Krystallwasser in der Luft leicht verwittern. Es ist im wasserfreien Zustande etwas leichter schmelzbar als Pottasche. Demohngeachtet schmilzt ein Gemenge aus Soda mit Pottasche noch leichter, als die Soda für sich.

Die Anwendung des kohlensauren Natrons ist ziemlich dieselbe, wie die des kohlensauren Kali.

Kohlensaures Kalinatron. Das kohlensaure Natron bildet mit dem kohlensauren Kali ein Doppelsalz ($2\,\dot{Na}\ddot{C} + \dot{K}\ddot{C} + 18\,\dot{H}$), welches man durch Auflösen von kohlensaurem Natron in einer Auflösung von kohlensaurem Kali erhält. Es bildet leicht lösliche, an der Luft wenig verwitternde Krystalle, welche noch keine technische Anwendung fanden. Wichtiger ist die Verbindung von 1 Atom kohlensaurem Natron und 1 Atom kohlensaurem Kali, welche man durch Zusammenschmelzen beider Salze, oder im reinen Zustande am besten durch Einäscherung von weinsaurem Kali-Natron (Seignettesalz) erhält. Die Verbindung ist leichter schmelzbar als das kohlensaure Natron für sich, fließt schon bei anfangendem Glühen klar und wird daher häufig zum Aufschließen der Silicate benutzt.

Schwefelsaures Natron. Das **schwefelsaure Natron** (Glaubersalz) $\dot{Na}\dddot{S} + 10\,\dot{H}$ wittert in warmen Ländern aus dem Erdboden aus, findet sich auch im Meer-

---

1) Über die Löslichkeit des kohlensauren Natrons bei verschiedenen Temperaturen vgl. die Tabelle von Poggiale im pharm. Centralbl. 1844. S. 824—827 aus Berzelius' Jahresbericht. 24. S. 149—154.

wasser und in mehreren Mineralwässern, mit schwefelsaurem Kalk verbunden im Glauberit und wird häufig als Nebenprodukt, aber auch eigens zum Zwecke der Sodabereitung gewöhnlich durch Zersetzung von Chlornatrium durch Schwefelsäure gewonnen: $Na\,Cl\,\dddot{S}\,\dot{H} = \dot{Na}\,\dddot{S}\,H\,Cl$.

Es krystallisirt in farblosen schiefen rhombischen Säulen von kühlend-salzig-bitterlichem Geschmack, ist leicht schmelzbar, in 8 Theilen Wasser von 0° C., in 2 Theilen von + 18° und ⅓ von 33° löslich, wird aber von noch wärmerem in geringerer Menge aufgelöst, verwittert leicht unter Verlust von 56% Krystallwasser und schmilzt in seinem Krystallwasser schon bei 37° C., nach dessen Entweichen aber erst bei heftiger Glühhitze.

Man braucht es zur Glas- und Sodabereitung, in der Medicin und zur Darstellung des essigsauren und holzessigsauren Natrons. In der Chemie dient es bisweilen wie das schwefelsaure Kali zur Fällung von Baryt, Strontian, Bleioxyd rc., wo man, um die Neutralität nicht zu stören, keine freie Schwefelsäure anwenden will.

Salpetersaures Natron.

Das **salpetersaure Natron** (Südseesalpeter) $\dot{Na}\,\dddot{\ddot{N}}$ findet sich lagerartig im Thon von Chile und Peru und entstand wahrscheinlich nach dem Austrocknen des Meeres, welches einst unzweifelhaft jenen Boden bedeckte. Die in dem Seewasser lebenden Thiere gingen dadurch zu Grunde und ihr Stickstoffgehalt wurde bei Gegenwart der im Wasser gelösten alkalischen Substanzen, des kohlensauren Natrons, Kalks rc. zur Bildung des salpetersauren Salzes verwendet.

Man reinigt das natürliche Salz durch Auflösen und wiederholte Krystallisation, es sind farblose stumpfe Rhomboëder ohne Krystallwasser, leichter in Wasser löslich als Kalisalpeter (in 3 Th. von 15,5° und in weniger als 1 Theil kochendem), verpufft jedoch langsamer als dieser und zwar mit pomeranzengelber Flamme. Seine übrigen Eigenschaften stimmen fast ganz mit denen des Kalisalpeters überein, nur wird es an der Luft feucht, kann daher auch nicht zum Schießpulver und anderen explosiven Gemengen, wohl aber zur Darstellung von Scheidewasser benutzt werden.

Borax.

Das **borsaure Natron** (Borax) $\dot{Na}\,\dddot{B}_2 + 10\,\dot{H}$ dient in der Chemie besonders bei Löthrohrversuchen, da es zu einem durchsichtigen Glase schmilzt, aus dessen Färbung man die Natur der verschiedenen Metalloxyde erkennt, wenn man es mit kleinen Mengen derselben zusammenschmilzt.

Kieselsaures Natron.

Das **kieselsaure Natron** hat dieselben Eigenschaften und Anwendungen, wie das kieselsaure Kali und bildet mit kieselsaurem Kali, Kalk und Bleioxyd die verschiedenen Arten des Glases. Durch Auflösen von so viel Kieselsäure in einer Natronlösung, als dieselbe wasserfreies Natron enthält, erhält man ein krystallisirbares Salz von der Zusammensetzung: $\dot{Na}_3\,\dddot{Si}_2 + 27\,\dot{H}$ in prismatischen Krystallen.[1])

---

1) Vgl. Fritzsche, Poggendorff's Ann. 43. S. 135—138; pharm. Centralbl. 1838. S. 251.

Chlornatrium.

Das **Chlornatrium** (Stein-, See-, oder Kochsalz) $Na\bar{Cl}$ kommt in großen Massen als ein Glied der Gebirgsformationen vor, dem Flötzgebirge angehörend, es verbreitet sich über Vertiefungen und Niederungen zwischen Gebirgen und erfüllt nicht selten Gebirgskessel; man findet es in Flötzen und liegenden Stöcken, auch in einen bituminösen Thon eingemengt, Salzthon, mit Gyps, Anhydrit, Thon, Mergelschiefer, Thongyps, Sand- und Kalkstein 2c., im Meerwasser, in Salzquellen (Soolen), in Pflanzen und im Thierkörper. Man erhält es durch Abdampfen der Salzsoolen, oder des Meerwassers, oder durch Ausgraben des Steinsalzes.

Es krystallisirt in wasserfreien Würfeln, welche gewöhnlich treppenartig über einander gereiht kleine Trichter bilden, ohne Krystallwasser, von rein salzigem Geschmack, die in der Hitze verknistern. Das natürliche Kochsalz (Steinsalz) verknistert nicht, scheint daher nicht aus wässeriger Auflösung, sondern aus geschmolzenem Salze krystallisirt zu sein. Bei Wieliczka kommt Steinsalz vor, welches beim Auflösen in Wasser heftig decrepitirt (**Knistersalz**), was wahrscheinlich von eingeschlossenem comprimirtem Gas herrührt, welches die beim Auflösen dünner werdenden Wände der Höhlungen mit Knall zersprengt. Beim Glühen schmelzen sie und bei noch höherer Temperatur verflüchtigen sie sich. Das Kochsalz ist im reinen Zustande luftbeständig, bei einem Gehalte an Chlormagnesium und Chlorcalcium wird es indessen an der Luft feucht und zerfließt selbst, indem es sich in der zerflossenen Auflösung dieser Salze auflöst. Es löst sich sowohl in der Kälte, als in der Wärme in nicht ganz 3 Theilen kalten Wassers.

Außer dem bekannten Gebrauche als Kochsalz dient es zur Glaubersalz-, Soda-, Salzsäure- und Chlorgewinnung, zur Seifen- und Glasbereitung, als Düngmittel, in der Chemie als Reagens auf Silber und Quecksilber.

Ammonium.

Zeichen NH_4. Atomgewicht und Äquivalent 225,000.

Es ist noch nicht für sich dargestellt worden, scheint aber, obgleich es ein zusammengesetzter Körper ist, ein den Alkalimetallen ähnlicher Stoff zu sein, da es, was nur Metalle thun, mit Quecksilber eine metallische Verbindung, ein Amalgam bildet, welches man erhält, wenn man Quecksilber mit Chlorammonium der Einwirkung einer galvanischen Säule aussetzt, oder Chlorammonium mit Kaliumamalgam zusammenbringt, wobei letzteres zu einer voluminösen Metallmasse von butterartiger Consistenz anschwillt, die sich aber bald wieder unter Wasserstoffentwickelung in Ammoniak zersetzt.

Ammoniak.

Das **Ammoniak** NH_3 [1]) kommt für sich nicht und seine Salze nur selten in der anorganischen Natur, häufiger in den thierischen Excretionen

---

1) Nach einer andern, aber weniger allgemeinen Ansicht ist es Ammoniumoxyd $\dot{NH}_4$. Man kann sich nach dieser Ansicht ebenso gut als nach der vorigen alle mit Ammoniak und Ammonium erfolgenden Prozesse erklären, z. B. die Verwandlung von Ammonium in Ammoniak 1) nach der ersten Ansicht: $NH_4 =$

(besonders im Harn) vor. Es entsteht aber meist erst bei der Fäulniß oder trocknen Destillation stickstoffhaltiger organischer Körper.[1] Aber auch durch Verbindung des atmosphärischen Stickstoffs mit dem Wasserstoff entsteht Ammoniak. Wie sich der Wasserstoff mit dem im Platinschwamm verdichteten Sauerstoff verbindet, so bilden auch alle porösen Körper Ammoniak, ohne daß stickstoffhaltige faulende Körper in der Nähe sind, wenn nur Luft und Feuchtigkeit bei einer gewissen Temperatur Zutritt haben. So verbindet sich der bei der Zersetzung der organischen Substanzen entwickelte Wasserstoff in den Poren der Ackerkrume zu Ammoniak mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft. (Vgl. auch Salpetersäure S. 117 und den Artikel Humusbildung.) Man erhält es durch Zusammenbringen eines Ammoniaksalzes, z. B. Chlorammonium, mit einer stärkeren freien Basis, wie Kali, Natron, Kalk: $NH_4Cl\ \dot{Ca} = NH_3\ CaCl\ \dot{H}$.

Es ist ein farbloses, unbeständiges Gas von 0,59 specifischem Gewicht und durchdringend stechendem urinösen Geruch und scharfem Geschmack, welches durch 7fachen Atmosphärendruck flüssig wird, Lackmuspapier bläut, und vom Wasser bei 0° C. zu 670 Raumtheilen, oder zu 32½ Gewichtsprocenten verschluckt wird; die Auflösung hat den Geruch und Geschmack des Gases, und ist, weil das Gas hierzu aus Chlorammonium, oder Salmiak entwickelt wird, unter dem Namen Salmiakgeist, oder wegen seines ätzenden Geschmacks als Ätzammoniakflüssigkeit bekannt; auch von Alkohol wird es absorbirt.

Erkennung des Ammoniaks.

Man erkennt das freie oder durch Ätzkali oder Ätzkalk aus seinen Salzen entwickelte Ammoniak an seinem Geruch, an der starken alkalischen Reaction, welche sich durch Bläuung eines Lackmus-, oder Bräunung eines Curcumapapiers ergibt, wenn man dasselbe in einiger Entfernung über die Flüssigkeit bringt, bei kleineren Mengen wenigstens beim Erwärmen; die ursprüngliche Farbe stellt sich jedoch wieder her, sobald das Ammoniak an der Luft vom Papier verdunstet. Wenn man einen mit einer nicht rauchenden flüchtigen Säure, z. B. Essigsäure befeuchteten Glasstab in die Nähe des Gefäßes bringt, worin sich Ammoniak entwickelt, so erscheinen weiße Nebel, indem sich die Dämpfe der Säure damit aus der Luft zu einem festen, oder tropfbarflüssigen Körper zu Ammoniaksalz niederschlagen. Übrigens wird das freie Ammoniak und seine Salze von Platinchlorid wie Kali gelb gefällt. Um sehr kleine Mengen desselben zu ermitteln, gießt man die mit

$NH_3\ H$ 2) $NH_4\ \dot{H} = \dot{N}H_4\ H$. Die Zersetzung von schwefelsaurem Ammoniak durch Kalium 1) $NH_3\ \dddot{S}\ K\ \dot{H} = \dot{K}\dddot{S}\ NH_4$ 2) $\dot{N}H_4\ \dddot{S}\ K = \dot{K}\dddot{S}\ NH_4$. Die Zersetzung von Chlorammonium durch Schwefelsäure 1) $NH_4Cl\ \dddot{S}\ \dot{H} = NH_3\ \dddot{S}\ HCl\ \dot{H}$ 2) $NH_4Cl\ \dddot{S}\ \dot{H} = \dot{N}H_4\ \dddot{S}\ HCl$. Die Zersetzung von Chlorammonium durch Kalk 1) $NH_4Cl\ \dot{Ca} = NH_3\ CaCl\ \dot{H}$ 2) $NH_4Cl\ \dot{Ca} = \dot{N}H_4\ CaCl$.

1) Über Ammoniakbildung bei Einäscherung der Pflanzen vgl. Hünefeld im Journ. f. prakt. Chem. 16. S. 108—111 und daraus pharm. Centralbl. 1839. S. 778. — Über Ammoniakerzeugung durch Benutzung des Stickstoffs der Luft vgl. Dingler's polytech. Journ. 95. 1845. S. 240.

Ätzkali vermischte warme oder kalte Flüssigkeit auf ein Uhrglas, bedeckt dasselbe mit weißem Fließpapier, in dessen Mitte man einige Tropfen einer Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd oder schwefelsaurem Manganoxydul gebracht hat; erstere wird lasurblau, letztere braun.

Anwendung des Ammoniaks.

Die Ammoniakflüssigkeit ist eines der unentbehrlichsten chemischen Reagentien, man benutzt sie zur Neutralisation freier Säuren, weil ein Überschuß leicht wieder durch Erhitzen zu entfernen ist, zur Fällung mancher Körper, welche sich, wie Thonerde, oder Bleioxyd in überschüssigem Kali, oder Natron lösen würden, als Reagens auf Kupfer, womit es auch noch bei großer Verdünnung sehr intensiv dunkelblau gefärbte Verbindungen bildet ꝛc., zum Ausbringen von Säureflecken, da es die Säure neutralisirt, während der Überschuß nicht wie Kali oder Natron zurückbleibt und die Farbe verändert, sondern vollständig entweicht. Als Boden- und Luftbestandtheil liefert es den Pflanzen den zu ihrer Entwickelung nöthigen Stickstoff.

Ammoniaksalze.

Das Ammoniak bildet mit den Säuren Salze, welche den Salzen der Alkalien in vieler Hinsicht entsprechen und einigen derselben sogar isomorph sind, sich jedoch darin von ihnen unterscheiden, daß sie sich in der Hitze verflüchtigen, oder zersetzen.

Kohlensaures Ammoniak.

Das **anderthalbkohlensaure Ammoniak** $(NH_4)_2 \ddot{C}_3 + 2 \dot{H}$ kommt in sehr kleinen Mengen (vgl. S. 113) in der atmosphärischen Luft vor, es entsteht, wenn das bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper entwickelte Ammoniak mit der Kohlensäure der Luft sich verbindet, in größerer Menge bei der trockenen Destillation thierischer Körper.

Um es von Brandöl zu reinigen, wird es mit Thierkohle gemengt einer wiederholten Destillation unterworfen. Oder man sublimirt ein Gemenge von schwefelsaurem Ammoniak, oder Chlorammonium und kohlensaurem Kalk. Bei gewöhnlicher Temperatur entwickelt eine mit kohlensaurem Kalk versetzte Auflösung von Chlorammonium kein kohlensaures Ammoniak, sondern im Gegentheile wird sogar aus einer Chlorcalciumauflösung durch kohlensaures Ammoniak kohlensaurer Kalk gefällt; beim Kochen einer Auflösung von Chlorammonium mit kohlensaurem Kalk hingegen, oder aus einem trockenen Gemenge von Chlorammonium und kohlensaurem Kalk entweicht, besonders beim Erhitzen, das kohlensaure Ammoniak reichlich unter Zurücklassung von Chlorcalcium. Durch Ätzkalk wird, wie bereits angegeben wurde, das Chlorammonium schon bei gewöhnlicher Temperatur sowohl aus einem trockenen Gemenge, als bei Gegenwart von Wasser zersetzt. Der Grund hiervon ist, weil das Bestreben, sich zu verflüchtigen, beim freien Ammoniak schon bei gewöhnlicher, beim kohlensauren aber, wenigstens bei Gegenwart von Wasser, erst bei höherer Temperatur die Verwandtschaft zum Chlor überwindet, während bei gewöhnlicher Temperatur die Neigung des auflöslichen Chlorcalcium, sich in ein unauflösliches Salz zu verwandeln, der Verwandtschaft der Kohlensäure zum Kalk das Übergewicht verschafft. Im trockenen Gemenge, wo auch das Chlorcalcium im festen Zustande bestehen kann, macht sich die Verwandtschaft der stärkeren

Basis, oder des stärkeren Radicals zur stärkeren Säure, hier zum Chlor und das Streben des Ammoniaks ein flüchtiges Salz, das kohlensaure zu bilden, geltend.

Das kohlensaure Ammoniak krystallisirt in farblosen Rhombenoktaëdern, entwickelt einen starken Ammoniakgeruch, besitzt einen scharfen, ätzenden Geschmack, reagirt alkalisch, und löst sich in 2 Theilen Wasser.

Man benutzt das kohlensaure Ammoniak wie das Ätzammoniak zur Neutralisation von Säuren, zu Fällungen, zur Salmiakfabrikation. Von besonderer Wichtigkeit ist es für die Vegetation.

Salpetersaures Ammoniak

Das **salpetersaure Ammoniak** $NH_3\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N} + \dot{H}$ findet sich, besonders nach Gewittern im Regenwasser, bildet ein an der Luft zerfließliches Salz, welches für die Vegetation wichtig ist, indem es den Pflanzen durch den Regen zugeführt wird.

Schwefelsaures Ammoniak

Auch das schwefelsaure Ammoniak $NH_3\,\dddot{S} + \dot{H}$ entsteht häufig im Boden durch Zersetzung von kohlensaurem Ammoniak durch schwefelsauren Kalk. Man findet es jedoch im festen Zustande nur in vulkanischen Gesteinen, wo es den Namen Mascagnin führt, und aufgelöst in vulkanischen Gewässern.

Chlorammonium.

Das **Chlorammonium** (Salmiak) $NH_4\,Cl$ findet sich auf Lava als Beschlag, in Spalten und Höhlungen vulkanischer Gebilde. Um dasselbe darzustellen, sättigt man das unreine kohlensaure Ammoniak mit Schwefelsäure, oder zersetzt es durch schwefelsaures Eisenoxydul, dampft die Auflösung ab, erhitzt sie stark, um das brenzliche Öl zu entfernen, und erhitzt das Salz in Sublimationsgefäßen mit Chlornatrium, wobei Chlorammonium sublimirt und schwefelsaures Natron zurückbleibt: $NH_3\,\dddot{S}\;NaCl\;\dot{H} = NH_4Cl\;\dot{N}a\dddot{S}$. Es bildet Oktaëder, oder weiße, fasrige, zähe Stücke von stechend salzigem Geschmack, ohne Geruch, ist luftbeständig, ohne Zersetzung sublimirbar, löst sich in 3 Theilen kaltem Wasser, auch in Weingeist.

Das Chlorammonium wird zur Farbenbereitung, zum Löthen, Verzinnen, zur Ammoniakgewinnung 2c. gebraucht. Auch in der Chemie wird es benutzt, z. B. wie Chlornatrium als Reagens auf Silbersalze, dann wegen seiner Neigung, mit Magnesia und Manganoxydul leicht lösliche Doppelsalze zu bilden, zur Verhinderung ihrer Fällung, wenn man mit Ammoniak, oder oxalsaurem Ammoniak eine andere Basis fällt 2c.

Schwefelwasserstoffschwefelammonium

Das **Schwefelwasserstoffschwefelammonium** [1]) $\acute{N}H_4\acute{H}$, welches man durch Sättigen der Ätzammoniakflüssigkeit bei Luftabschluß mit Schwefelwasserstoffgas erhält, ist eine nach Schwefelwasserstoff und Ammoniak riechende farblose Flüssigkeit, welche durch Luftberührung bald gelb wird, indem Zweifachschwefelammonium $N\ddot{H}_4 + \dot{H}$ entsteht. Man braucht es als Reagens auf die Schwermetalle, welche von Schwefelwasserstoff für sich nicht gefällt werden, nämlich Eisen, Uran, Kobalt, Nickel und Mangan

1) Gewöhnlich der Kürze wegen nur Schwefelammonium genannt.

und zur Scheidung derselben von jenen, die von Schwefelwasserstoff gefällt werden. Eine fernere Scheidung bewirkt es, indem es einige Schwefelmetalle, wie die von Antimon, Arsenik, Tellur, Molybdän, Wolfram, Zinn ꝛc. auflöst, während es die übrigen ungelöst läßt.

Baryum.

Zeichen Ba. Atomgewicht und Äquivalent 856,880.

Es ist ein weißes in Luft und Wasser sich leicht oxydirendes Metall von 4,000 specifischem Gewicht, welches man nur durch Reduction seines Oxyds, der Baryterde durch die galvanische Säule, oder durch Kalium erhält.

Baryt.

Die **Baryterde** (der Baryt) $\dot{Ba}$, welchen man erhält durch Zersetzung einer Schwefelbaryumlösung mittelst Kupferoxyd: $\acute{\dot{Ba}}\,\dot{Cu} = \dot{Ba}\,\acute{\dot{Cu}}$, wonach er in sechsseitigen Prismen aus der gesättigten Auflösung krystallisirt, verliert durch Erhitzen das Krystallwasser und schmilzt bei mäßiger Glühhitze, ohne jedoch das Hydratwasser zu verlieren. Man erhält ihn wasserfrei durch heftiges Glühen des salpetersauren Baryts als ein graues Pulver, welches sich beim Besprengen mit Wasser erhitzt und in ein weißes Pulver (Hydrat, $\dot{Ba}\dot{H}$) verwandelt. Dasselbe reagirt stark alkalisch, wirkt ätzend und giftig. Der wasserfreie Baryt braucht 200 Theile kochendes, der krystallisirte ($\dot{Ba}\dot{H}_{10}$) 3 Theile kochendes, 20 Theile Wasser von + 15° C. und 180 Weingeist zur Auflösung. Die Auflösung (Barytwasser) dient als Reagens auf Kohlensäure und Schwefelsäure, indem durch die kleinsten Mengen derselben eine weiße Trübung und Niederschlag entsteht.

Barytsalze und Ausmittelung des Baryts.

Die Barytsalze sind nur zum Theil in Wasser löslich. Die auflöslichen bilden mit Schwefelsäure einen weißen, in Wasser und verdünnten Säuren vollkommen unlöslichen Niederschlag, ähnlich den Kalk-, Strontian- und Bleioxydsalzen. Von den Kalksalzen unterscheiden sie sich aber dadurch, daß sie auch von Gypswasser gefällt werden, welches die Kalksalze unverändert läßt; von den Strontiansalzen, daß die durch Fällung mit kohlensauren Alkalien, Auflösung in Salzsäure, Eintrocknen und Auflösen in Weingeist erhaltene Flüssigkeit angezündet karmesinroth brennt, wenn es Strontian ist; wenn Kalk, ziegelroth; während Baryt die Flamme kaum merklich blaßgrünlichgelb färbt. Die Barytsalze und Kalksalze werden von Cyaneisenkalium gefällt, nicht aber die Strontiansalze. Bleisalze unterscheiden sich dadurch von den Barytsalzen, daß sie durch Schwefelwasserstoffgas schwarz gefällt werden, so wie der Niederschlag von schwefelsaurem Bleioxyd in Ätzkalilösung und sehr verdünnter warmer Salzsäure löslich ist. Um den unauflöslichen schwefelsauren Baryt zu erkennen, kocht man ihn mit Sodaauflösung und digerirt den warm abfiltrirten Rückstand mit Salzsäure. Ein jetzt durch Gypswasser entstehender Niederschlag kann Baryt, oder Strontian anzeigen; Baryt aber wird schnell, Strontian erst nach einiger Zeit gefällt; beim Versetzen des Reagens mit Chlornatrium wird jedoch Strontian gar nicht, wohl aber Baryt gefällt; auch Kieselflußsäure schlägt Barytsalze nieder, während sie Strontiansalze gelöst läßt.

Die **schwefelsaure Baryterde** (Schwerspath) $\dot{Ba}\dddot{S}$ findet sich natürlich krystallisirt, faserig, körnig, derb und erdig von 4,1 bis 4,6 specifischem Gewicht, einem für ein Salz eines Leichtmetalls bedeutenden specifischen Gewichte, daher der Name Schwerspath. Er ist völlig in Wasser unlöslich und wird zur Darstellung der auflöslichen Salze verarbeitet, indem man ihn durch Glühen mit Kohle in Schwefelbaryum und dieses durch Zersetzung mit den entsprechenden Säuren in die gewünschten Salze verwandelt.

Schwerspath.

Man stellt als Reagens auf Schwefelsäure gewöhnlich das **Chlorbaryum** $Ba\,Cl + 2\dot{H}$ dar, welches in Tafeln krystallisirt und in 3 Theilen Wasser löslich ist, oder wo man bei Fällung der Schwefelsäure die Salzsäure vermeiden will, den **salpetersauren Baryt** $\dot{Ba}\ddot{\ddot{N}}$, ein in Oktaëdern krystallisirendes, in 8 Theilen Wasser lösliches Salz.

Das Strontium.

Zeichen Sr. Atomgewicht und Äquivalent 547,285.

Es ist ein dem Baryum für sich und in seinen Verbindungen sehr ähnliches Metall, welches nur an wenigen Orten vorkommt und nur zur Darstellung rother Flammen für die Feuerwerkerei wichtig ist. Über seine Unterscheidung von Baryum wurde schon bei diesem das Nöthige angedeutet.

Calcium.

Zeichen Ca. Atomgewicht und Äquivalent 250,000.

Es ist ein weisses, dem Baryum ähnliches Metall. Es ist das metallische Radical des Kalks (calx), daher sein Name.

Die **Kalkerde** (gebrannter Kalk, Ätzkalk) $\dot{Ca}$ kommt für sich in der Natur nicht vor, in Verbindung mit Säuren ist sie dagegen einer der am meisten verbreiteten Körper, welcher in keinem der 3 Naturreiche fehlt. Man erhält sie durch Glühen (Brennen) der kohlensauren Kalkerde, wodurch diese ihre Kohlensäure verliert. Im Großen verwendet man hierzu Kalksteine; um aber reine Kalkerde zu erhalten, Marmor. Kalksteine, welche viel kieselsaure Thonerde enthalten, müssen vorsichtig gebrannt werden, weil sich sonst die Kalkerde mit der Thonerde in die Kieselsäure theilt und zu einer nicht mehr zu löschenden Masse zusammenbackt (todtgebrannter Kalk). Ganz reiner Kalkstein (Marmor) wird nur dadurch todtgebrannt, daß er zu gelinde geglüht ($\dot{Ca}_2\ddot{C}$) wird, in welchem Zustande er sich ebenfalls nicht löschen läßt.

Verbindungen des Calciums. Kalkerde.

Die Kalkerde bildet eine weiße, erdige, unschmelzbare Masse, welche in heftiger Glühhitze stark leuchtet. Sie erwärmt sich beim Besprengen mit Wasser sehr stark unter Aufblähen und Zerfallen und wird Kalkhydrat $Ca\dot{H}$ (mit 24% Wasser, gelöschter Kalk), mit mehr Wasser gibt sie einen allmälig erhärtenden Brei, welcher sich um so schlüpfriger anfühlt, je reiner sie ist, und in diesem Falle fetter, im Gegentheile magerer Kalk heißt. Sie löst sich in 400 Th. kaltem und etwa 3 Mal so viel

Eigenschaften.

heißem Wasser auf. Die Auflösung (Kalkwasser) schmeckt laugenartig, bläut Lackmus und ist nicht zu verwechseln mit Kalkmilch, einem stark mit Wasser verdünnten Kalkbrei, worin noch viel überschüssiger, ungelöster Kalk enthalten ist. Wenn die Kalkerde längere Zeit an der Luft liegt, so zerfällt sie gleichfalls, zieht aber nebst Wasser auch Kohlensäure an und verwandelt sich hierbei in $\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Ca}\dot{\bar{H}}$, ein trockenes, weißes Pulver (zerfallener Kalk), welches sich nicht mehr löschen läßt.

Kalksalze.

Die Kalksalze sind theils in Wasser unlöslich, theils löslich und zum Theil sogar zerfließlich.

Ausmittelung des Kalks.

Man erkennt den freien Kalk durch seine alkalische Reaction auf feuchtes Lackmuspapier, durch seine Unschmelzbarkeit und Verbreitung eines weißen Lichts in der Löthrohrflamme, die Auflösung desselben, das Kalkwasser reagirt gleichfalls alkalisch, trübt sich durch die Kohlensäure der durch ein Glasröhrchen aus der Lunge hineingeblasenen Luft, und bildet endlich einen mit Säuren brausenden Niederschlag von kohlensaurem Kalk. Concentrirte Auflösungen der Kalksalze geben mit Schwefelsäure einen flockigen Niederschlag, welcher sich nach längerem Stehen in feine Nadeln verwandelt. Verdünnte Auflösungen geben mit oxalsaurem Ammoniak einen in Wasser, Essigsäure und anderen schwachen Säuren nicht, wohl aber in Mineralsäuren, oder in viel Weinsteinsäure löslichen weißen, pulvrigen Niederschlag. Den durch Schwefelsäure erhaltenen Niederschlag unterscheidet man von schwefelsaurem Strontian und Baryt, daß er sich sehr leicht in Chlornatriumlösung auflöst, schwefelsaurer Strontian dagegen nur langsam und schwefelsaurer Baryt gar nicht, und dann durch verdünnte Schwefelsäure nicht, wohl aber Strontian daraus vollständig gefällt wird.

Hydraulischer Kalk.

Der Ätzkalk wird in der Chemie als Reagens auf Kohlensäure, zur Mörtelbereitung, Seifensiederei, Gerberei, Zuckersiederei, als Düngmittel ꝛc. in großen Mengen gebraucht. Bei einem Gehalt des kohlensauren Kalks von 20—30 Procent Thonerdesilicat (als Mergelkalkstein, besonders Knollenmergel) erhält man durch Brennen desselben den hydraulischen Kalk, oder Wassermörtel, welcher beim Löschen ein dem Wasser vollkommen widerstehendes Kalk-Thonerdesilicat bildet.

Kohlensaure Kalkerde.

Die **kohlensaure Kalkerde** $\dot{Ca}\ddot{C}$ bildet mächtige Gebirgszüge und kommt auch im Thierreiche häufig vor, besonders in den Muschel-, Schnecken-, Eier-, Krebsschalen ꝛc. Im Pflanzenreiche dagegen scheint sie nur sehr selten vorzukommen, denn die in der Asche vorkommende kohlensaure Kalkerde ist aller Wahrscheinlichkeit nach erst durch die Verbrennung aus pflanzensauren Kalksalzen entstanden.

Der kohlensaure Kalk kommt in der Natur theils krystallisirt als Kalkspath und Aragonit vor, theils krystallinisch als Marmor, theils derb als Kalkstein, erdig als Kreide, Schaumkalk ꝛc. Die Grundform ist ein Rhomboëder. Er ist unschmelzbar, verliert aber in der Hitze die Kohlensäure. Von reinem Wasser braucht er 16000 Theile zur Auflösung, in kohlensäurehaltigem ist er leicht als doppeltkohlensaurer Kalk ($\dot{Ca}\ddot{C}_2$) auf-

löslich. In dieser Auflösung verliert er jedoch an der Luft allmälig das zweite Atom Kohlensäure und damit seine Auflöslichkeit wieder und setzt sich daraus krystallinisch oder erdig ab als Tropfstein, als Incrustation der Quellen, und als Kesselstein in Wasser- und Dampfkesseln. Er löst sich unter Aufbrausen in Salzsäure zu Chlorcalcium: $\dot{Ca}\ddot{C}$ H-Cl = Ca-Cl $\ddot{C}$ $\dot{H}$ unter Abscheidung der etwa, wie im Kalkstein vorhandenen kieselsauren Thonerde; auch in salpetersaurem Ammoniak und Chlorammonium löst er sich auf, daher letzteres zur Verhütung des Kesselsteins empfohlen wurde. Vgl. kohlensaures Ammoniak S. 239. Auch durch weinsaures Kali, oder Natron soll die Bildung desselben verhindert werden. Es entsteht weinsaurer Kalk, welcher zwar unlöslich ist, aber sich blos als feinkörniges Pulver ausscheidet, ohne cohärente Incrustationen an den Wänden der Kessel zu bilden.

Anwendung des kohlensauren Kalks.

Man benutzt den kohlensauren Kalk in der Chemie zur Darstellung der Kohlensäure, zur Trennung des Eisen- und Manganoxyduls von Eisenoxyd, indem letzteres aus einer erwärmten Auflösung davon vollständig gefällt wird, während erstere in Auflösung bleiben, und zur Darstellung reinen Ätzkalks. Er wird sehr häufig zu Bildhauerarbeiten, als Bau-, Pflaster- und Chausseestein verwendet und bildet einen der wichtigsten Bodenbestandtheile.

Schwefelsaure Kalkerde.

Schwefelsaure Kalkerde $\dot{Ca}\dddot{S}$ findet sich natürlich als Anhydrit in geraden, rechtwinkligen Säulen, auch strahlig und körnig, mit 2 Atomen Wasser verbunden, $\dot{Ca}\dddot{S} + 2\dot{H}$ als Gyps, Alabaster, Frauenglas in schiefen rechtwinkligen Säulen, fasrig, erdig und körnig, im Wasser und in geringer Menge auch im Thier- und Pflanzenreich.

Man entzieht dem Gyps durch Erhitzen bis über + 115° C. (Brennen) seine 21% Krystallwasser. Wird er hierauf in gepulvertem Zustande mit Wasser zusammengebracht, so nimmt er dasselbe wieder auf und erhärtet damit. In etwa 500 Theilen Wasser, leichter in Kochsalzlösung[1]), löst er sich auf, ziemlich leicht löslich ist er in der Auflösung von salpetersaurem Ammoniak oder Chlorammonium, in starker Glühhitze schmilzt er zum weißen undurchsichtigen Email.

Der Gyps bildet einen nicht sehr verbreiteten, aber für manche Gewächse, wie Leguminosen sehr wirksamen Bodenbestandtheil, wird daher als Düngmittel für Klee benutzt. Der gebrannte Gyps dient als Mörtel, zu Estrich, Stuck, zu Gypsfiguren rc., in der Chemie zum Verkitten von Öffnungen an Gefäßen, die Auflösung, das Gypswasser zur Entdeckung der Oxalsäure und ihrer alkalischen Salze, zur Unterscheidung der Baryt- und Strontiansalze von den Kalksalzen, zur Scheidung der Magnesia von Kalk, nachdem man beide in neutrale Sulphate verwandelt hat, indem sich die schwefelsaure Magnesia im Gypswasser leicht und vollkommen auflöst.

---

1) Nach Anthon in 438 Wasser und in 122 Kochsalzlösung.

Phosphorsaure Kalkerde.

Mit Phosphorsäure verbindet sich der Kalk in verschiedenen Verhältnissen. Der **neutrale phosphorsaure Kalk** $\dot{C}a_2\dddot{P} + 4\dot{H}$, welcher in einigen kohlensäurehaltigen Mineralwässern aufgelöst vorkommt, durch Fällung von Chlorcalcium mittelst phosphorsauren Natrons entsteht und ein krystallinisch körniges, in reinem Wasser unlösliches, geschmackloses Pulver bildet, und der **zweifach phosphorsaure Kalk** $\dot{C}a\dddot{P}$, welcher durch Auflösen des neutralen, oder basischen Salzes in irgend einer starken Mineralsäure entsteht, in Blättern krystallisirt, an der Luft zerfließt, sehr sauer schmeckt und zur Darstellung des Phosphors benutzt wird, sind weniger wichtig; wichtiger dagegen das basische Salz.

Die **basisch phosphorsaure Kalkerde** $\dot{C}a_8\dddot{P}_3$ kommt natürlich vor als Phosphorit, bildet mit etwa 20% kohlensaurer Kalkerde den erdigen Bestandtheil der Knochen der Wirbelthiere (heißt daher auch Knochenerde) und einen Hauptbestandtheil der anorganischen Pflanzenbestandtheile (der Asche); auch in den verschiedenen Flüssigkeiten und übrigen festen Bestandtheilen des Thierkörpers ist er enthalten.

Man erhält die phosphorsaure Kalkerde aus den Knochen durch Calciniren, wodurch alle organischen Theile eingeäschert werden; rein von den übrigen Bestandtheilen der Knochen (Kalk, Fluorcalcium, phosphorsaure und reine Magnesia, kohlensaures Natron) erhält man sie durch Auflösen in Salzsäure und Fällen mit Ammoniak, wo sie rein niederfällt.[1]).

Sie bildet eine grauweiße, pulvrige Masse, frisch gefällt ist sie gallertartig, trocknet zu harten Klumpen ein, ist geruch- und geschmacklos, in Wasser unlöslich, wenig in Essigsäure und Humussäure, leicht in Salz-, Salpeter-, Phosphor- und Milchsäure durch Bildung des leichtlöslichen sauren Salzes, auch in Auflösungen von schwefelsaurem Ammoniak und Chlornatrium. Aus der Auflöslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser läßt sich ihr Übergang aus dem Boden in die Pflanzen erklären.

Der phosphorsaure Kalk ist ein nur ganz wenig betragender, aber für die Vegetation, wie es scheint, sehr wichtiger Bodenbestandtheil, wird daher, besonders für Getreidearten als Düngmittel benutzt (Knochenmehl), ferner zur Darstellung von saurer phosphorsaurer Kalkerde, und diese zur Phosphorgewinnung, und zu verschiedenen technischen Zwecken.

Die **halbbasisch phosphorsaure Kalkerde** $\dot{C}a_3\dddot{P}$ kommt natürlich als Apatit vor.

Das **Chlorcalcium** $Ca\,Cl$ kommt natürlich im Steinsalz, Sool- und Meerwasser vor. Man erhält es durch Auflösen von kohlensaurem Kalk in Salzsäure, auf Salinen aus der Mutterlauge, indem man die Chlormagnesium und Chlorcalcium enthaltende Flüssigkeit mit kohlensaurem

---

1) Die phosphorsaure Kalkerde löst sich zwar leicht in salpetersaurer Ammoniak- und in Chlorammoniumlösung, wird aber daraus durch einen großen Überschuß von Ammoniak vollständig, durch geringen nur unvollständig gefällt.

Kalk zersetzt, wobei kohlensaure Magnesia niederfällt und Chlorcalcium gelöst bleibt. Bei der Ammoniakbereitung aus Chlorammonium und Kalk erhält man es als Nebenprodukt.

Es krystallisirt mit 49,12 % Wasser in 4- und 6seitigen Säulen, hat einen ekelhaft salzigbitteren Geschmack, zerfließt an der Luft sehr schnell, löst sich in der kleinsten Menge Wasser auf unter starker Kälteentwickelung, ist auch in Weingeist löslich, schmilzt in seinem Krystallwasser, verliert letzteres unter Aufbrausen und schmilzt dann bei höherer Hitze wieder. Nach dem Schmelzen zieht es das Wasser noch begieriger an und löst sich im Wasser vermöge der Bindung von Krystallwasser nun mit Wärmeentwickelung auf. Sowohl das krystallisirte, als geschmolzene Salz müssen in luftdicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Man bedient sich des Chlorcalciums, als eines hygroskopischen Körpers, um Gase zu trocknen, oder wasserfrei darzustellen, indem man sie durch damit angefüllte Röhren leitet, zur Bestimmung des bei der organischen Elementaranalyse gebildeten Wassers, zur Entwässerung des Alkohols, das krystallisirte Salz zu Frostmischungen, als Düngmittel, zur Verhinderung des Austrocknens des Holzes, um seine Elasticität für gewisse Zwecke zu erhalten &c.

Magnesium.

Zeichen Mg. Atomgewicht und Äquivalent 158,353.

Es ist ein silberweißes, stark glänzendes, geschmeidiges, in Luft und Wasser unveränderliches Metall, welches bei starker Glühhitze zu Magnesia verbrennt.

Bittererde.

Die Bittererde (Magnesia, oder Talkerde) $\dot{Mg}$ kommt für sich in der Natur nicht vor, sie entsteht durch Ausglühen der kohlensauren Verbindung, und ist ein weißes, lockeres, geschmack- und geruchloses, völlig unschmelzbares, in Wasser äußerst wenig (in 5150 Th. kaltem und 36000 kochendem Wasser) lösliches Pulver von 2,3 specifischem Gewicht, welches Lackmus sehr schwach bläut, mit Wasser übergossen sich langsam und fast ohne Erwärmung in Hydrat $Mg\dot{H}$ (= 30 % Wasser) verwandelt, welches zuweilen natürlich in kleinen Krystallschuppen auf schmalen Gängen im Serpentin vorkommt und den Namen Hydrophyllit oder Wassertalk führt. Die pulverförmige Magnesia zieht allmälig Kohlensäure aus der Luft an, nicht aber die krystallisirte. Die Bittererde ist eine weit schwächere Basis, als die Kalkerde und steht in dieser Hinsicht etwa dem Ammoniak gleich.

Bittererdesalze und Ausmittelung der Bittererde.

Die Bittererdesalze sind nur zum Theil in Wasser löslich, die auflöslichen schmecken bitter, woher auch der Name der Bittererde, welche für sich geschmacklos ist, und ändern die Lackmusfarbe nicht.

Um die Magnesia zu erkennen, löst man sie in Schwefel-, Salz-, oder Salpetersäure auf, wobei sie sich durch Mangel an Aufbrausen von der kohlensauren Verbindung unterscheidet, versetzt die Auflösung mit basisch

phosphorsaurem Ammoniak, oder macht sie mit Ammoniak stark alkalisch und setzt dann phosphorsaures Natron zu, so scheidet sich die Magnesia nach einiger Zeit, besonders beim Erwärmen, als krystallinischer Niederschlag ($\mathrm{NH_3\dot{H}} + 2\,\dot{\mathrm{M}}\mathrm{g} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} + 6\,\dot{\mathrm{H}}$) ab, welcher in einer phosphorsaure Salze enthaltenden Flüssigkeit vollkommen unlöslich und nur in reinem Wasser etwas löslich ist. Gerade so verhalten sich Manganoxydulsalze, welche sich übrigens durch die bei denselben angegebenen Reactionen deutlich von den Magnesiasalzen unterscheiden. Schwermetalloxyde müssen daher zuvor aus der Lösung entfernt werden durch Schwefelwasserstoff, oder nöthigenfalls Schwefelwasserstoffammonium, Baryt durch Schwefelsäure, Kalk nach dem Versetzen mit Chlorammonium (welches die gleichzeitige Fällung der Magnesia hindert), mit oxalsaurem Ammoniak oder oxalsaurem Kali.

Die in Wasser unlöslichen Bittererdesalze kocht man mit Kalilauge, filtrirt, löst den Rückstand in Salzsäure und prüft nun wie eben angegeben wurde. Vor dem Löthrohr unterscheidet sich die Magnesia und ihre Salze von der Thonerde, daß sie mit Kobaltauflösung befeuchtet beim Glühen keine blaue, sondern eine fleischrothe Farbe annehmen.[1])

Anwendung.

Man benutzt die gebrannte Magnesia zur Entdeckung und Abscheidung der Pflanzenalkalien aus ihren natürlichen Verbindungen, weil sie eine stärkere Verwandtschaft zu den Säuren besitzt, und weil die meisten Magnesiasalze in Alkohol unauflöslich sind, man kann daher die so aus den wässerigen Pflanzenauszügen gefällten Alkaloïde mit Alkohol oder Äther für sich erhalten. Die auflöslichen Magnesiasalze, wie schwefelsaure Magnesia, oder Chlormagnesium benutzt man als Reagens auf Phosphorsäure (vgl. S. 247 Ausmittelung der Magnesia), und zur Unterscheidung und Prüfung der zweifachkohlensauren Alkalien auf einfachkohlensaure, da sie nur von den letzteren gefällt wird.

Schwefelsaure Bittererde.

Die **schwefelsaure Bittererde** (Bittersalz) $\dot{\mathrm{M}}\mathrm{g}\dddot{\mathrm{S}} + 7\,\dot{\mathrm{H}}$ findet sich im Meerwasser, in den sogenannten Bitterwasserquellen zu Seidschitz, Pülna in Böhmen und Epsom in England, auch in kleinen Mengen im gewöhnlichen Brunnenwasser und im Flußwasser aufgelöst, hier und da aus der Erdoberfläche ausgewittert, auch in der Pflanzenasche. Man erhält sie durch Abdampfen der Bitterwässer, oder durch Ausziehen magnesiahaltiger Mineralien mit Schwefelsäure. Das Bittersalz krystallisirt mit 51% Wasser in farblosen vierseitigen Krystallen, besitzt einen bittern, salzigen Geschmack, verwittert nur wenig, löst sich in 3 Theilen Wasser auf, schmilzt in seinem Krystallwasser beim Erwärmen, es verträgt gelindes Glühen, ohne zersetzt zu werden, aber bei starkem und anhaltendem Glühen entwickelt es schweflige Säure und Sauerstoff und schmilzt bei sehr hoher Temperatur zum Email. Durch Glühen mit Kohle erhält man kein Schwefelmagnesium, sondern freie Magnesia.

Es wird in der Medicin benutzt, ferner zur Darstellung der kohlen-

---

1) Phosphorsaure Magnesia wird aber dadurch (nach Wittstein) violett.

sauren Magnesia und sonstigen Magnesiasalze und als Reagens (vgl. oben Anwendung der Magnesia).

Neutrale kohlensaure Bittererde $\dot{Mg}\ddot{C}$ kommt natürlich meist als eine weiße erdige Masse unter dem Namen Magnesit vor, seltener in Rhomboëdern krystallisirt, noch seltener mit Krystallwasser ($\dot{Mg}\ddot{C}\dot{H}_3$), wie man sie künstlich durch langsames Verdampfen einer Auflösung von basisch kohlensaurer Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser erhält.

Kohlensaure Bittererde.

Eine Verbindung von **Magnesia-Kalkcarbonat** $\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Mg}\ddot{C}$ ist der Bitterspath, Dolomit, Miemit, Braunspath.

Basisch kohlensaure Magnesia oder kohlensaure Magnesia mit Magnesiahydrat $3\dot{Mg}\ddot{C}\dot{H} + \dot{Mg}\dot{H}$ erhält man durch Fällen einer heißen Bittersalzlösung durch Pottasche- und Sodaauflösung unter Entweichen eines Atoms Kohlensäure als ein sehr leichtes und lockeres geruch- und geschmackloses Pulver, welches, obgleich specifisch schwerer als Wasser, vermöge seiner großen Zertheilung darauf schwimmt, es löst sich in 2500 Theilen kaltem und 9000 siedendem Wasser, leicht in kohlensäurehaltigem Wasser zu einem sauren Salze auf.

Man gebraucht die basisch kohlensaure Magnesia (Magnesia alba) in der Medicin und zur Darstellung der übrigen Magnesiasalze.

Die **zweifachkohlensaure Magnesia** $\dot{Mg}\ddot{C}_2$ findet sich wie $\dot{Ca}\ddot{C}_2$ in Mineralwässern, auch in gewöhnlichem Brunnenwasser gelöst und entsteht durch Auflösung der basisch kohlensauren Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser.

Die **neutrale kieselsaure Magnesia**, Speck- oder Seifenstein, spanische oder venetianische Kreide $\dot{Mg}\dddot{Si}$, kommt derb, oder in Afterkrystallen vor, von fettem Aussehen und Anfühlen und 2,6—2,8 specifischem Gewicht. Man braucht den Speckstein zur Politur von Marmor, Glas ꝛc., zum Zeichnen, Fleckausmachen und in der Chemie zu Propfen für Sublimations- und Chlorentwickelungsgefäße ꝛc.

Kieselsaure Magnesia.

Das Hydrat $\dot{Mg}\dddot{Si} + 6\dot{H}$ ist der Meerschaum, ⅔ kieselsaure Magnesia mit Magnesiahydrat, $2\dot{Mg}_3\dddot{Si}_2 + 3\dot{Mg}\dot{H}_2$ der Serpentin; der Augit ist $\dot{Ca}_3\dddot{Si}_2 + \dot{Mg}_3\dddot{Si}$, die Hornblende $\dot{Ca}\dddot{Si} + \dot{Mg}_3\dddot{Si}_2$, in welchen Verbindungen die Talkerde häufig durch Eisenoxydul vertreten wird, wodurch sie grün und bisweilen schwarz werden.

Das **Chlormagnesium** $Mg\,Cl$ kommt gelöst vor im Meer-, Sool- und Quellwasser. Man erhält es durch Zersetzung von kohlensaurer Magnesia durch Salzsäure, oder durch Zersetzung von schwefelsaurer durch Kochsalz, wo in der Kälte das schwefelsaure Natron krystallisirt und das Chlormagnesium in Auflösung läßt.

Chlormagnesium.

Es krystallisirt nur schwierig als $Mg\,Cl\,\dot{H}_5$ in farblosen Prismen, weil es sehr leicht zerfließt, schmeckt ekelhaft bitter, salzig, zersetzt sich beim Eintrocknen, indem Salzsäure entweicht und Magnesiahydrat mit wenig

Chlormagnesium zurückbleibt, es löst sich leicht in Wasser und Alkohol, ertheilt dem Meerwasser den ekelhaft bitteren Geschmack und ist der Vegetation nachtheilig, weshalb auch die Bitterlauge der Salinen erst nach Zersetzung des Chlormagnesiums zur Bereitung von Düngsalz verwendet werden kann. Seine Anwendung ist wie die des Bittersalzes.

Aluminium.

Zeichen **Al**. Atomgewicht und Äquivalent 171,167.

Es hat seine Benennung von Alaun- oder Thonerde und diese von Alaun Alumen, woraus man sie darstellt.

Man erhält es in zinnweißen Metallflittern, die sich an der Luft und im Wasser nicht verändern, unschmelzbar sind, aber zum Glühen erhitzt an der Luft zu Thonerde verbrennen.

Thonerde.

Die **Thonerde** oder Alaunerde $\ddot{\mathrm{Al}}$ findet sich im Mineralreich selten als Korund (Sapphir, Rubin, Diamantspath, Schmirgel)[1] in Rhomboëdern krystallisirt, von lebhaftem Glanz, nach dem Diamant von der größten Härte und 4,3 specifischem Gewicht. Künstlich dargestellt ist die Thonerde ein weißes geschmack- und geruchloses Pulver, welches im Ofenfeuer blos zusammensintert und nur vor dem Sauerstoffgasgebläse schmilzt, in Wasser ganz unlöslich und selbst in starken Säuren erst nach anhaltender Digestion löslich ist. Aus diesen Auflösungen schlägt überschüssiges Ammoniak ein kleisterartiges Hydrat ($\ddot{\mathrm{Al}}\dot{\mathrm{H}}_3$) nieder, welches in den schwächsten Säuren und ätzenden Alkalien leicht löslich ist; mit Kohlensäure verbindet sich aber auch dieses nicht, durch Glühen verliert es das Wasser und diese Leichtlöslichkeit wieder. Dieses Hydrat trocknet unter starkem Zusammenschwinden zum gummiartigen Körper ein, es kommt auch natürlich als Gibbsit vor, so wie auch noch ein anderes Hydrat, der Diaspor ($\ddot{\mathrm{Al}}\dot{\mathrm{H}}$), beide sehr selten.

Um die Thonerde darzustellen, löst man eisenfreien Alaun ($\dot{\mathrm{K}}\ddot{\mathrm{S}}+\ddot{\mathrm{Al}}\ddot{\mathrm{S}}_3$) in heißem Wasser auf und fällt vollständig mit kohlensaurem Natron, Kohlensäure entweicht, schwefelsaures Natron bleibt in Auflösung und Thonerdehydrat mit kohlensaurer Natron-Thonerde fällt nieder. Man wäscht den Niederschlag mit kochendem Wasser, bis es geschmacklos abläuft, löst dann in reiner Salzsäure auf und fällt nochmals mit Ätzammoniak im Überschuß, wäscht, trocknet und glüht den Niederschlag.

Thonerde-salze.

Die Thonerdesalze besitzen einen zusammenziehend sauern Geschmack und reagiren stets sauer; die Thonerde ist nämlich eine so schwache Basis, daß sie bei ihrer Verbindung mit Säuren die Eigenschaften derselben auch in neutralen Salzen nicht aufzuheben vermag. Sie spielt mit starken Basen, Kali, Natron, selbst Baryt, Strontian und Magnesia sogar die Rolle

---

1) Über das Vorkommen der Thonerde in den Pflanzen vgl. die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen im speciellen Theil.

einer Säure, ähnlich der Kieselsäure, und bildet damit thonsaure Salze, Aluminate. Solche natürlich vorkommende Verbindungen sind der Spinell, ein Talkerde- und der Gahnit, ein Zinkoxydaluminat.

Ausmittelung

Man erkennt die Thonerde daran, daß sie nach dem Befeuchten mit Kobaltsolution geglüht, schön smalteblau wird. Aus Auflösungen in Säuren wird sie von Alkalien, aus alkalischen Auflösungen von Säuren gelatinös gefällt, in beiden Fällen aber durch einen Überschuß des Fällungsmittels wieder gelöst. Von Ammoniak wird sie nur in Gegenwart von Ammoniaksalzen, oder was dasselbe ist, aus saurer Auflösung vollständig gefällt. Auch von überschüssigem Chlorammonium (Salmiak) wird sie aus alkalischen Lösungen gefällt, indem das Chlor ans Alkalimetall geht und freies Ammoniak entsteht. Der durch kohlensaure Alkalien erhaltene Niederschlag wird nicht durch einen Überschuß dieser, wohl aber durch ätzende Alkalien wieder aufgelöst.

Bei sehr kleinen Mengen von Thonerde ist nach Nesbitt die Unlöslichkeit der phosphorsauren Thonerde in Essigsäure ein gutes Erkennungsmittel, indem man die Auflösung derselben mit etwas phosphorsaurem Natron nebst etwas essigsaurem Ammoniak und Essigsäure versetzt. Um z. B. die Thonerde in Pflanzenaschen nachzuweisen, fällt man sie nebst dem Eisenoxyd durch Zusatz von phosphorsaurem Natron, essigsaurem Ammoniak und Essigsäure als Phosphate, kocht den Niederschlag mit Ätzkalilösung, wodurch sich die Thonerde auflöst, und fällt dann wieder mit essigsaurem Ammoniak und Essigsäure.

Nach Wittstein ist die phosphorsaure Thonerde nicht ganz unlöslich in Essigsäure. Er bedient sich daher zu deren Bestimmung folgender Methode: Die zur Bestimmung des Eisens, Mangans und der alkalischen Erden zu verwendende Flüssigkeit wird mit Ätzkali bedeutend übersättigt und kurze Zeit gekocht, wodurch alle Thonerde und auch fast alle Phosphorsäure ans Kali tritt. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird mit einer Auflösung von kieselsaurem Kali versetzt, mit Wasser verdünnt und zum Sieden erhitzt. Der Niederschlag (Kalithonerdesilicat) wird mit Wasser gewaschen, mit Salzsäure zur Trockne verdunstet, mit durch Salzsäure angesäuertem Wasser digerirt, filtrirt und die Thonerde durch kohlensaures Ammoniak niedergeschlagen. Durch Glühen des Niederschlags erhält man reine Thonerde.

Wollte man die kalinische Auflösung mit Säure übersättigen und die Thonerde durch kohlensaures Ammoniak als Phosphat daraus fällen, so würde man ein unrichtiges Resultat erhalten, weil sich die phosphorsaure Thonerde nachher beim Auswaschen mit Wasser zersetzt.

Knop kocht zur genauen Abscheidung der Thonerde von Eisenoxyd den durch Schwefelammonium erhaltenen Niederschlag beider Stoffe mit Kali und einer hinreichenden Menge Schwefelammonium bis die anfangs grüne Flüssigkeit beim Stehen schwarze Flocken absetzt und gelblich erscheint. Man filtrirt das Schwefeleisen ab und fällt die Thonerde aus der kalischen Lösung wie angegeben.

Die Thonerde bildet einen der wichtigsten Bodenbestandtheile. In der Farbfabrikation und Färberei wird sie zur Darstellung der Lackfarben und zur Fixirung der organischen Farbstoffe in den Zeugen verwendet, da sie mit diesen Farbstoffen in Wasser unlösliche Verbindungen eingeht.

Schwefelsaure Thonerde.

Die **schwefelsaure Thonerde** $\bar{\ddot{A}}l\,\dddot{S}_3 + 18\,\dot{H}$ kommt natürlich an mehreren Orten Amerikas vor und wird durch Auflösen von Thonerdehydrat in Schwefelsäure künstlich erhalten. Sie krystallisirt in perlmutterglänzenden, farblosen Blättchen von süßem, zusammenziehendem Geschmack, löst sich in 2 Theilen kaltem Wasser und verbindet sich mit schwefelsauren Alkalien zu krystallisirenden Doppelsalzen, welche man Alaun nennt. Sie wird als Reagens auf Kali benutzt, da sie dasselbe aus seinen Salzen oder nach Sättigung mit Säure als schwerlöslichen krystallinischen Niederschlag von Kalialaun fällt.

Alaun.

Schwefelsaure Kalithonerde (Kali- oder gemeiner Alaun) $\dot{K}\dddot{S} + \bar{\ddot{A}}l\,\dddot{S}_3 + 24\,\dot{H}$ kommt in der Natur gewöhnlich als Efflorescenz von haarförmigen Krystallen vor in Klüften und Spalten von Alaunschiefer, Thonschiefer, Kohlengebilden, auch in krystallinischen, tropfsteinartigen Massen und als erdiger Beschlag. Man erhält ihn durch Auslaugen alaunhaltiger Laven, durch Rösten von Alaunstein, einem Gemenge von kieselsaurer Thonerde mit etwas Eisenoxyd und wasserhaltigem basisch schwefelsaurem Thonerdekali ($\dot{K}\dddot{S} + \bar{\ddot{A}}l\,\dddot{S}_3 + \ddot{A}l_2$) und Auslaugen mit Wasser, durch Rösten und Auslaugen von Alaunschiefer und sogenannter Alaunerde, welche aus kieselsaurer Thonerde und Schwefeleisen bestehen, wobei der Schwefel sich oxydirt und sich als Schwefelsäure mit der Thonerde verbindet. Dann entsteht durch Zusatz von Chlorkalium oder schwefelsaurem Kali Alaun.

Der Alaun krystallisirt in farblosen Oktaëdern, besitzt einen sauersüßlichen, zusammenziehenden Geschmack, ist luftbeständig, in 18 Theilen kaltem und 3/4 heißem Wasser löslich, färbt Lackmus roth, verliert beim Erhitzen 45½% Wasser und zersetzt sich beim Glühen in Thonerde, schwefelsaures Kali, schweflige Säure und Sauerstoffgas.

Der Natron- und Ammoniakalaun sind dem Kalialaun isomorph.

Der Alaun dient zur Darstellung reiner Thonerde und wird in großer Menge in der Färberei, Farbfabrikation, Weißgerberei rc. benutzt.

Kieselsaure Thonerde.

Die **kieselsaure Thonerde** ist als Thon ein steter Bestandtheil jedes fruchtbaren Bodens, er ist das Produkt der Verwitterung kieselsäure- und thonerdehaltiger Mineralien, wie des Feldspaths $\dot{K}\dddot{S}i + \bar{\ddot{A}}l\,\dddot{S}i_3$), des Albits ($\dot{N}a\,\dddot{S}i + \bar{\ddot{A}}l\,\dddot{S}i_3$), der Hornblende ($\dot{C}a\,\dddot{S}i_3 + \left.\begin{matrix}\dot{M}g\\ \dot{F}e\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\dddot{S}i_2\\ \bar{\ddot{A}}l\,x\end{matrix}\right.$, Kalk-Talkerdesilicat mit wechselndem Thonerde- und Eisenoxydulgehalt), des Augits $\left(\dot{C}a\,\dddot{S}i_2\ \left.\begin{matrix}\dot{M}g\\ \dot{F}e\end{matrix}\right\}\begin{matrix}\dddot{S}i_2\\ \ddot{A}l\,x\end{matrix}\right)$. Der Thon entsteht auch durch Zersetzung des Labradors, Pyroxens und anderer Mineralien, aber nur in unbedeu-

tender Menge, die größte Menge desselben entsteht aus dem Feldspath. Er ist zwar eine bestimmte Verbindung aus Kieselsäure und Thonerde, allein die verschiedenen Verbindungsverhältnisse sind schwierig zu ermitteln. Die meisten Thonarten bestehen aus 47,03 % Kieselsäure, 39,23 % Thonerde und 13,74 Wasser, im geglühten Zustande aus 54,51 % Kieselsäure und 45,49 Thonerde, und enthalten stets kieselsaures Kali und häufig freie Kieselsäure. Die Thonerdesilicate sind in Wasser unauflöslich und werden von Säuren bei gewöhnlicher Temperatur nicht vollständig, wohl aber durch Erwärmen davon zersetzt. Der Thon ist im reinen Zustande unschmelzbar und sintert im Feuer nur etwas zusammen, worauf das Brennen desselben beruht. Gewöhnlich enthält er aber mehr oder weniger kohlensauren Kalk und Eisen und schmilzt dann ziemlich leicht. Vollkommen feuerfester Thon ist daher, namentlich für Schmelzgefäße, ein sehr gesuchter Artikel, den man oft aus weiter Ferne beziehen muß. Man kann sich aber denselben nach Gaffard künstlich bereiten, wenn man gewöhnlichen Thon mit Salzsäure zum Teig macht und denselben, nachdem die Säure Zeit gehabt, darauf einzuwirken, zum Sieden erhitzt, nach kurzem Kochen abtropfen läßt, mit Wasser abwäscht und trocknet.

Der Thon wird zur Verfertigung der verschiedenen Arten gebrannter Gefäße, Mauersteine, Ziegel benutzt und bildet einen wichtigen Bodenbestandtheil.

Schwermetalle.

Eisen.

Zeichen Fe. Atomgewicht und Äquivalent 350,000.

Eisen. Vorkommen.

Das Eisen ist im gediegenen Zustande nur an einer Stelle in Nordamerika und mit Platin im Ural gefunden worden; außerdem kommt es mit Nickel nicht selten in den Meteorsteinen vor. Man stellt es aus den natürlich vorkommenden Oxyden dar: aus Magneteisenstein (Oxydulorxyd $\dot{Fe}\,\dddot{\overline{Fe}}$), Eisenglanz und Rotheisenstein ($\dddot{\overline{Fe}}$), Braun-, Gelb- und Raseneisenstein ($\dddot{\overline{Fe}}\,\dot{\overline{H}}$), Spatheisenstein ($\dot{Fe}\,\ddot{C}$) rc.

Darstellung.

Diese Erze werden geröstet, theils um Wasser und Kohlensäure auszutreiben, theils um das Oxydul in Oxyd zu verwandeln, dann gepocht und mit Kohle reducirt. Der Sauerstoff derselben entweicht mit dem Kohlenstoffe der Kohle als Kohlenoxydgas, aber auch das Eisen verbindet sich mit Kohlenstoff (5 %) und es wird dadurch leicht flüssig, weißes Roheisen; dasselbe ist silberweiß von krystallinisch-blättrigem Gefüge, so hart, daß es von Stahl nicht angegriffen wird, aber auch so spröde, daß es unter dem Hammer zerspringt, ohne Eindrücke von demselben anzunehmen.

Gußeisen.

Wird es bei starkem Feuer geschmolzen und dann sehr langsam erkalten lassen, so bleiben nur noch $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ % Kohlenstoff chemisch gebunden, während die übrigen $3\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ % krystallinisch, als sehr feine Graphitblättchen ausgeschieden, demselben nur noch mechanisch beigemengt bleiben, graues Roheisen. Dasselbe ist grau, von körnigem Gefüge, von Stahl angreifbar, nimmt vom Hammer Eindrücke an, ist schwerer schmelzbar als

das weiße, wird aber dabei dünnflüssig, während das weiße immer breiartig bleibt; es ist daher zu Gußwaaren verwendbar und heißt deshalb auch Gußeisen. Um dieses in schmiedbares Eisen zu verwandeln, muß man ihm seinen Kohlenstoff entziehen.

Stab- oder Schmiedeeisen.

Es wird daher unter Luftzutritt umgeschmolzen, gefrischt, wodurch das Eisen theilweise in Oxydul verwandelt wird, welchem dann der Kohlenstoff des nicht oxydirten Eisens den Sauerstoff entzieht und sich damit zu Kohlenoxydgas verbindet, das an der Oberfläche der Masse zu Kohlensäure verbrennt. Es wird dann in Stäbe ausgeschmiedet (Stabeisen), enthält aber in diesem Zustande immer noch Kohlenstoff ($^1/_6$—$^1/_2$ %) und einige andere Beimischungen, hat ein specifisches Gewicht von durchschnittlich 7,7, ist grauweiß, hat ein körnig zackiges Gefüge und hackigen Bruch. Enthält es nur noch wenig Kohlenstoff, so ist es weich und nutzt sich leicht ab, je mehr Kohlenstoff es dagegen enthält, desto härter ist es und desto fester hält es den Magnetismus zurück.

Stahl.

Man läßt oder gibt daher dem Eisen für manche Zwecke einen gewissen Kohlenstoffgehalt von etwa 1 % und nennt es dann Stahl. Im ersteren Falle frischt man das Roheisen langsamer, als das Stabeisen, indem man es dabei nicht unmittelbar dem Gebläswinde aussetzt, sondern unter einer Decke von Schlacke, einer leicht schmelzbaren Verbindung von Kieselsäure mit Kalk, Thonerde oder einer andern Basis, also Quarz mit Kalkstein, Thonmergel ɛc. (Schmelzstahl, Rohstahl), oder man verbindet das Stabeisen wieder mit Kohlenstoff, indem man es mehrere Tage zwischen Kohlenpulver unter Luftabschluß glüht oder cämentirt (Cämentstahl). Die zunächst mit der Kohle in Berührung stehende Oberfläche des Eisens verbindet sich zuerst mit Kohlenstoff, diese trägt denselben auf die nächstinnere über, indem sie wieder neuen von Außen empfängt und so fort, gleichsam durch inductive Verwandtschaft (vgl. S. 16). Andere nehmen eine Verflüchtigung des Kohlenstoffs an und glauben, daß die Carbonisation durch den in der Kohle enthaltenen Kohlenwasserstoff beginne und durch Verdampfung von Kohlenstoff endige[1]). Längeres Glühen mit Kohle wandelt ihn in Roheisen um. Der Stahl hat eine graulichweiße Farbe, ein sehr feinkörniges Gefüge und ein specifisches Gewicht von 7,7—7,9. Diese größere Dichtigkeit macht ihn einer schönen Politur fähig. Bei langsamem Erkalten nach dem Glühen ist er etwas härter als Stabeisen, läßt sich daher nicht so leicht wie dieses in andere Formen bringen, ist aber dabei so zäh, daß er elastisch biegsam erscheint. Durch schnelles Abkühlen (Härten) wird er nachher von der besten Feile nicht mehr angegriffen und schneidet Glas. Diese Härte und die damit verbundene Sprödigkeit kann ihm jedoch durch Ausglühen (Anlassen) ganz oder theilweise wieder genommen werden. Rothglühend ist er schmiedbar, wie Stabeisen, weißglühend läßt er sich selbst mit demselben zusammenschweißen und schmilzt

---

1) Vgl. Laurent, Compt. rend. 1837. 2me Sem. Nr. 18; pharm. Centralbl. 1838. S. 47.

bei fortgesetztem Erhitzen noch leichter als dieses. Man kann dem Stahl je nach dem Zwecke seiner Anwendung eine beliebige Härte geben, je nachdem man ihn mehr oder weniger stark erhitzt und dann in Wasser ablöscht. Da sich die Oberfläche desselben je nach der Stärke des Erhitzens mit einer schwächeren oder dickeren Schichte von Oxydulоxyd bedeckt, wodurch dieselbe eine hell- bis dunkelgelbe, braune, rothe und endlich hell- bis dunkelblaue Farbe annimmt, so richtet man sich mit dem Erhitzen beim Anlassen nach dieser Farbe und erhält z. B. durch Erhitzen bis zum Strohgelben die nöthige Härte für feine Rasirmesser und chirurgische Instrumente, goldgelb für gewöhnliche Rasirmesser, Federmesser ꝛc., braun für Scheren, Eisenmeisel, roth für Taschenmesser, stärkere Meisel, hellblau für Klingen und Federn, dunkelblau für feine Sägen, Bohrer ꝛc.

Reines Eisen.

Von Kohlenstoff ganz freies Eisen erhält man durch Schmelzen von 4 Theilen Feilspänen von Stabeisen mit 1 Theil Eisenoxydul oder Hammerschlag unter einer Decke von bleifreiem Glaspulver. Absolut rein bekommt man es aber nur durch Reduction von reinem Eisenoxyd mittelst Wasserstoff, wo es aber nur ein schwach zusammengesintertes schwarzes Pulver bildet, welches sich an der Luft sogleich wieder oxydirt.

Im compacten Zustande ist es zinnweiß, von starkem Glanz, äußerst dehnbar, von muschlig-krystallinischem Bruch und 7,84 specifischem Gewicht, äußerst strengflüssig, feuerbeständig, in trockener Luft oxydirt sich dieses wie auch das unreine Eisen nicht, leicht aber in feuchter; unter Wasserzersetzung und Ammoniakbildung bedeckt es sich mit einem rothgelben Überzug von Eisenoxydhydrat (rostet), indem sich der Wasserstoff des Wassers mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak, der Sauerstoff desselben aber mit Eisen und dieses sich mit Kohlensäure und Wasser zu kohlensaurem Eisenoxydulhydrat verbindet, welches sehr bald unter Abscheidung der Kohlensäure in Oxydhydrat übergeht. Um es daher vor der Feuchtigkeit der Luft und vor Rost zu schützen, bestreicht man es mit Fett, Firniß, legt es in Kalkpulver oder in Fließpapier, welches durch seine wasseranziehende Kraft die Feuchtigkeit der Luft vom Eisen abhält, oder in unächtes Silberpapier (mit einer Legirung von Zinn und Zink überzogenes Papier), welches durch seinen elektrischen Gegensatz die Verwandtschaft des Eisens zum Sauerstoff schwächt, während ächtes Silberpapier das Rosten begünstigen würde, oder bestreicht es mit Kalkwasser[1]). Beim Erhitzen oxydirt es sich auch in trockener Luft, läuft zuletzt in verschiedenen Farben an und bedeckt sich zuletzt mit einer schwarzen Kruste von Oxydoxydul (Hammerschlag). Im Wasser oxydirt sich das Eisen nur, wenn dieses Kohlensäure enthält. In verdünnten Säuren löst es sich unter Entwickelung von Wasserstoffgas. (Vgl. auch unter „Firnisse".)

Erkennung des Stahls, Guß- und Stabeisens.

Um Stahl-, Stab- und Gußeisen von einander zu unterscheiden, verdünnt man etwas käufliche Salpetersäure so stark mit Wasser, daß sie nur

1) Vgl. auch Hopff und Herberger, Jahrb. f. prakt. Pharm. 1838. S. 283—296; pharm. Centralbl. 1839. S. 543—547.

noch schwach auf eine Messerklinge wirkt, bringt davon einen Tropfen auf das zu prüfende Eisen und wäscht denselben nach einigen Minuten wieder mit Wasser ab. Die Säure hinterläßt hierbei auf Stahl einen kohlschwarzen Fleck von pulverförmigem Kohlenstoff, welcher nach Auflösung des Eisens durch Säure auf der Oberfläche desselben zurückbleibt. Auf gewöhnlichem Stabeisen ist der Fleck weißlich oder wenigstens heller, als die übrige Oberfläche des Eisens durch Verschwinden des Glanzes und Hervortreten des krystallinischen Gefüges; bei Gußeisen ist der Fleck grau, weil hier mehr Kohlenstoff in grauen Graphitblättchen, als schwarz, pulverförmig ausgeschieden wird.

Das chemisch reine Eisen findet keine praktische Anwendung, die des Gußeisens, Stab- oder Schmiedeisens und Stahls ist hinlänglich bekannt.

Verbindungen des Eisens.

Die wichtigsten Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff sind das Oxydul und das Oxyd.

Eisenoxydul.

Das **Eisenoxydul** (Eisenprotoxyd) $\dot{Fe}$ kommt für sich in der Natur nicht vor, wohl aber mit verschiedenen Säuren, mit Eisenoxyd und Chromoxyd (im Chromeisenstein). Man erhält es, wenn man Wasserdämpfe über glühendes Eisen leitet, als Hydrat durch Fällung von Eisenoxydulsalzen in von atmosphärischer Luft völlig freiem Wasser mittelst Ätzkali, Aussüßen und Trocknen im sauerstoffleeren Raum, weil es im feuchten Zustande sich sehr leicht höher oxydirt.

Es ist ein geruch- und geschmackloses schwarzes Pulver, schmilzt bei starker Hitze zur porösen, glanzlosen Schlacke, ist magnetisch, löst sich nach dem Glühen in Säuren schwer auf. Das Hydrat $\dot{Fe}\dot{H}$ ist ein weißes Pulver, welches aber mit Luft oder mit lufthaltigem Wasser in Berührung schnell grau, grün (Oxyduloxydhydrat), schwarzblau und endlich gelbbraun (Oxydhydrat) wird.

Eisenoxydulsalze.

Die Eisenoxydulsalze sind im wasserfreien Zustande weiß, im wasserhaltenden grün gefärbt, schmecken zusammenziehend, tintenartig und werden an der Luft, besonders im aufgelösten Zustande, rasch oxydirt, die Auflösung wird gelb, während sich ein sehr basisches Oxydsalz niederschlägt.

Ausmittelung des Eisenoxyduls.

Das Eisenoxydul wird aus seinen Salzen in völlig oxydfreiem Zustande von freien und kohlensauren Alkalien weiß, bald graugrün, dann gelblichbraun werdend niedergeschlagen, von Galläpfeltinctur (Lösung von Gallussäure mit Gerbsäure) dagegen nicht gefällt; bald aber, so wie sich etwas Oxyd bei Luftzutritt bildet, entsteht ein purpurfarbiger, dann violetter und endlich schwarzblauer Niederschlag, doch darf die Flüssigkeit nicht merklich sauer reagiren. Oxalsäure fällt die Eisenoxydulsalze (wie die Kalksalze) vollständig aus ihren Lösungen, als goldgelbes Pulver. Die oxalsauren Alkalien fällen die neutralen Eisenoxydulsalze sogleich, die sauren (ebenso die freie Oxalsäure) erst nach einigen Minuten, während die Oxydsalze, wenigstens bei Säureüberschuß, vollständig gelöst bleiben. Kaliumeisencyanür fällt die Auflösungen weiß, dieselben dürfen aber nicht alkalisch reagiren, der weiße Niederschlag wird sehr schnell hell- und endlich dunkelblau. (Den diese Reaction

bewirkenden Prozeß s. unter Kaliumeisencyanür). Kaliumeisencyanid fällt sie gleich dunkelblau. Von Schwefelwasserstoffgas werden sie nicht gefällt, Schwefelalkalien oder Schwefelwasserstoffschwefelammonium gibt einen schwarzen Niederschlag von Schwefeleisen. Das Eisenoxydul und seine Salze liefern vor dem Löthrohr auf der Kohle, besonders in der inneren Flamme, ein schwarzes magnetisches Korn. Mit Borax geben sie in der inneren Flamme, besonders auf Zusatz von Zinn (um Eisenoxydbildung zu verhüten) ein grünes, beim Erkalten farbloses, in der äußeren (Oxydations-) Flamme ein dunkelrothes Glas. Mit Soda auf Kohle geschmolzen wird das Eisen leicht reducirt und kann durch Schlemmen als magnetisches Pulver abgesondert werden.

Kohlensaures Eisenoxydul.

Kohlensaures Eisenoxydul $\dot{F}e\ddot{C}$ kommt natürlich vor mit wechselnden Mengen von kohlensaurem Manganoxydul, Kalk und Magnesia und als thoniger Sphärosiderit, ein inniges Gemenge von Spatheisenstein mit thonigen Fossilien und andern Eisenverbindungen und häufig, aber nur in sehr kleinen Mengen, in kohlensäurehaltigem Wasser, wie in dem von Franzensbrunn, Teplitz, Carlsbad, Schwalbach, Ems, Wisbaden ꝛc. als doppeltkohlensaures Eisenoxydul gelöst. Man erhält es durch Fällen von Oxydul- oder ihnen entsprechenden Haloidsalzen durch kohlensaure Alkalien unter denselben Vorsichtsmaßregeln, wie beim freien Oxydul, weil es ebenso leicht wie dieses unter Verlust seiner Kohlensäure an der Luft in Oxyd übergeht.

Das kohlensaure Eisenoxydul ist ein weißes Pulver wie das freie Oxydul und wird ebenso schnell grünlich, schwarz und endlich braun. Es scheint der Vegetation ungünstig zu sein, da es wegen seiner nicht unbedeutenden Auflöslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser von den Wurzeln leicht in zu großer Menge aufgesaugt wird.

Schwefelsaures Eisenoxydul.

Schwefelsaures Eisenoxydul (Eisen- oder grüner Vitriol) $\dot{F}e\dddot{S} + \dot{H}_6$ kommt als neueres Erzeugniß vor, entstanden durch Oxydation von Schwefelkies (Schwefeleisen). Man erhält es künstlich durch Auflösen von Eisen in verdünnter Schwefelsäure, oder durch Rösten von Schwefelkies (FeS_2), wodurch ein Theil seines Schwefels ausgetrieben wird. Der Rückstand ($6\,FeS + FeS_2$) wird, mit Wasser besprengt, der Luft ausgesetzt und verwandelt sich durch Sauerstoffaufnahme in schwefelsaures Eisenoxydul, welches dann ausgelaugt und abgedampft wird.

Es krystallisirt in blaßgrünen schiefen rhombischen Säulen von zusammenziehendem Geschmack, löst sich in $1\frac{1}{2}$ Theilen kaltem und $\frac{1}{3}$ kochendem Wasser, verliert beim Erhitzen 42% Krystallwasser und wird weiß, bei starkem Glühen unter Luftabschluß in Eisenoxyd, schweflige Säure und Schwefelsäure zersetzt. An der Luft überzieht es sich mit einer braungelben Rinde und setzt aus seiner Auflösung ein ebenso gefärbtes Pulver ab, welches $\frac{1}{6}$ schwefelsaures Eisenoxyd ist, während saures Salz in Auflösung bleibt: $10\,\dot{F}e\dddot{S}\ 5\,O = 3\,\ddot{\ddot{F}}e\dddot{S}_3\ \ddot{\ddot{F}}e_2\dddot{S}$.

Das schwefelsaure Eisenoxydul dient als Reagens auf Goldsalze, Blausäure und lösliche Cyanverbindungen, auf Stickstoffoxyd, Salpetersäure ꝛc.;

wird ferner gebraucht in der Färberei und zur Darstellung der rauchenden Schwefelsäure.

Phosphorsaures Eisenoxydul.

Das **neutrale phosphorsaure Eisenoxydul** $\dot{Fe}_2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ erhält man, wenn man schwefelsaures Eisenoxydul mit einem phosphorsauren Salze fällt. Der Niederschlag ist weiß, wird aber an der Luft bald lavendelblau, weil sich das Eisenoxydul höher oxydirt, es entsteht ein Doppelsalz von phosphorsaurem Oxydul mit Oxyd: $\dot{Fe}_2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 2\,\overset{\cdots}{\bar{Fe}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$. Es kommt auch natürlich vor; war es beim Auffinden weiß, so nimmt es bald eine blaue Farbe an, gewöhnlich findet man es aber blau und pulverförmig. Auch halbbasisches $\dot{Fe}_3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ kommt natürlich vor, in blauen prismatischen Krystallen als Vivianit.

Kieselsaures Eisenoxydul.

Kieselsaures Eisenoxydul kommt in sehr vielen Mineralien, aber meist mit andern Silicaten vor, so ⅓ basisches Salz $\dot{Fe}_3\dddot{Si}$ im Lievrit, Pistazit, in Granaten ꝛc., in den Schlacken vom Eisenfrischen; ⅔ kieselsaures Salz $\dot{Fe}_2\dddot{Si}$ im Diallage, Hypersthen, in der Labradorischen Hornblende ꝛc. Auch der Rasen- und Thoneisenstein, Sphärosiderit und Basalt enthalten Eisenoxydulsilicat. Es bildet eine eisenschwarze oder grüne glasige Masse, kommt auch krystallisirt vor und ist für sich leicht schmelzbar.

Eisenoxyd.

Eisenoxyd (Eisenperoxyd, Eisentritoxyd[1]) $\overset{\cdots}{\bar{Fe}}$ kommt natürlich vor als Eisenglanz, Rotheisenstein, Blutstein, rother Glaskopf. Man erhält es künstlich durch Zusammenschmelzen von schwefelsaurem Eisenoxydul mit Salpeter und Auslaugen des Kali, durch Calcination von Oxydhydrat, Oxydul und Oxyduloxyd, als Nebenprodukt bei der Darstellung der rauchenden Schwefelsäure und bei vielen andern chemischen Prozessen.

Es besitzt eine braunrothe Farbe, je nach seinem Aggregatzustand heller bis schwarz, selbst von grauem Metallglanz, wie der Eisenglanz; künstlich erhält man es als pulverige Masse, durch Calciniren von schwefelsaurem Eisenoxydul mit Chlornatrium (wo zuerst Eisenchlorid entsteht), in kleinen Rhomboëdern, wie auch das natürliche krystallisirt; letzteres kommt aber meist faserig und dicht vor, es ist so hart, daß es am Stahl Funken gibt, nicht magnetisch, unschmelzbar, feuerbeständig, löst sich nicht in Wasser, in verdünnten Säuren nach dem Glühen nur schwer, doch leichter als Oxydul, hat übrigens eine bedeutend geringere Verwandtschaft zu den Säuren, als dieses.

Man benutzt das Eisenoxyd als Farbmaterial, Polirpulver ꝛc., es bildet einen sehr verbreiteten Bodenbestandtheil.

Eisenoxydhydrat.

Es kommen in der Natur verschiedene Hydrate des Eisenoxyds vor, wie Brauneisenstein $\overset{\cdots}{\bar{Fe}}_2\dot{H}_3$, krystallisirtes Brauneisenerz oder Rubinglimmer $\overset{\cdots}{\bar{Fe}}\dot{H}$, Ocker, gelber und brauner Thoneisenstein, auch der Raseneisenstein enthält Eisenoxydhydrat. Durch Fällung von Eisenoxyd-

---

1) Eisentritoxyd, insofern man sich das Oxyduloxyd als Deutoxyd denkt.

salzen mit Ammoniak oder kohlensaurem Natron entsteht, in letzterem Falle unter Entweichen der Kohlensäure $\dddot{\overline{Fe}}\dot{\overline{H}}_2$. Der Niederschlag ist sehr aufgequollen, hell bräunlichgelb und trocknet zur dunkelbraunen Masse ein, welche 18,7% Wasser enthält. Die Farbe zeigt übrigens, wie die des reinen Oxyds, eine verschiedene Schattirung vom Goldgelben bis Pechschwarz, das natürliche kommt vor in Würfeln krystallisirt, faserig und dicht. In den eisenhaltigen Mineralwässern verwandelt sich das aufgelöste kohlensaure Oxydul an der Luft in Oxyd und setzt sich als Ocker ab. Der Rost, welcher in feuchter Luft die Eisenoberfläche bedeckt, ist gleichfalls Eisenoxydhydrat (vgl. S. 255) mit kohlensaurem Eisenoxydul, welches aber allmälig an der Luft gleichfalls in Oxyd übergeht. Der Rost, wie alles natürliche und künstliche Eisenoxyd, enthält auch etwas Ammoniak.

Man benutzt das Eisenoxydhydrat als Farbmaterial (gelber Ocker), und es bildet einen selten fehlenden Bodenbestandtheil.

Die Salze des Eisenoxyds sind meist röthlichgelb oder braunroth, wenige schmutzigweiß, besitzen einen herben, zusammenziehenden Geschmack, reagiren auch im neutralen Zustande sauer und werden durch Glühen zersetzt. Durch Kochen mit Wasser werden sie in saure auflösliche und basische unauflösliche Salze zersetzt. Gegen starke Basen verhält sich das Eisenoxyd wie eine Säure, so daß es, mit kohlensaurem Kali oder Natron geglüht, die Kohlensäure austreibt; die entstandene Verbindung wird indessen im Wasser wieder zersetzt, Eisenoxyd ausgeschieden.

Eisenoxyd-salze. Ausmittelung des Eisenoxyds.

Die Eisenoxydsalze oder die Auflösung des Oxyds in einer Säure werden von freien oder kohlensauren Alkalien gelblichbraun, von Galläpfeltinctur bei wenig oder nicht vorwaltender Säure blauschwarz, nicht aber, wie die Oxydulsalze von Oxalsäure gefällt, durch Kaliumeisencyanür dunkelblau; letzterer Niederschlag ist in Säuren nicht, in Kali dagegen theilweise löslich. Kaliumeisencyanid fällt die Flüssigkeit nicht, färbt sie aber tief braunroth. (Vgl. Kaliumeisencyanür und -Cyanid.) Durch Schwefelwasserstoffgas werden die Auflösungen der Eisenoxydsalze entfärbt unter Abscheidung eines gelblichweißen Pulvers (Schwefel), indem dieselben unter theilweiser Abgabe ihres Sauerstoffs an den Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs in Oxydul übergehen: $\dddot{\overline{Fe}}\overline{H}S = 2\,\dot{Fe}\dot{\overline{H}}S$. Schwefelalkalien und Schwefelwasserstoffammonium geben einen schwarzen Niederschlag von Schwefeleisen. Vor dem Löthrohr verhalten sie sich wie das Oxydul und seine Salze.

Das **phosphorsaure Eisenoxyd** $\dddot{\overline{Fe}}_2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{P}}_3$, welches durch Fällung von Eisenoxydsalzen durch phosphorsaure Salze entsteht, kommt bisweilen natürlich in Eisenerzen vor.

Das **kieselsaure Eisenoxyd** kommt für sich nicht vor, bildet aber einen Bestandtheil vieler Mineralien, so enthält 1/3 basisches $\dddot{\overline{Fe}}\,\dddot{Si}$ der Fahlunit, 1/6 kieselsaures Salz $\dddot{\overline{Fe}}_2\dddot{Si}$ der Gehlenit. Es bildet für sich ein braunrothes Glas.

Das **Eisenoxydoxydul** oder (als eigene einfache Oxydationsstufe betrachtet) Eisendeutoxyd $\dot{Fe}\dddot{Fe}$ ist nicht, wie man bisweilen gethan hat, als besondere Oxydationsstufe des Eisens, sondern als eine Verbindung von zwei Oxydationsstufen zu betrachten, denn es gibt Verbindungen, worin das Eisenoxyd durch Thonerde oder Chromoxyd, ebenso das Eisenoxydul durch Zinkoxyd, Magnesia oder Manganoxydul vertreten ist, während diese Verbindungen isomorph mit dem Eisenoxyduloxyd sind. Es ist demnach als ein Salz zu betrachten, dessen Basis das Oxydul, die Säure aber das Eisenoxyd ist.

Es bildet als Magneteisenstein das vorzüglichste Eisenerz Skandinaviens. Man erhält es als Nebenprodukt beim Glühen des Eisens im Kohlenfeuer (während bei Flammfeuer gewöhnlich Oxyd entsteht) als Eisenhammerschlag, Eisensinter, Schmiedesinter, Glühspan. Der Magneteisenstein oder Magnetstein kommt in regelmäßigen Oktaëdern und Rhombendodekaëdern krystallisirt vor, oder krystallinisch, derb, auch erdig. Der krystallisirte zeigt starken Metallglanz, der dichte ist wenig glänzend, eisenschwarz, grau, bräunlich. Auch das durch Glühen erhaltene Eisenoxydoxydul ist eisenschwarz, schwachmetallglänzend, schuppig, bei stärkerer Hitze zur emailartigen porösen Schlacke zusammengesintert, bei Gegenwart von Kieselsäure eine schwarze verglaste Masse von Silicat. Das Eisenoxydoxydul wird vom Magnet gezogen.

Man benutzt das Eisenoxydoxydul als Zusatz bei der Eisenbereitung und zu Kitten.

Als Hydrat $\dot{Fe}\dddot{Fe} + \dot{H}$ erhält man das Eisenoxyduloxyd durch Fällung von mit Eisenoxydsalzen gemengten Eisenoxydulsalzen als dunkelgrünes Pulver, welches an der Luft schnell in Oxyd übergeht.

Eisenoxydoxydulsalze gibt es nicht und kommen in einer Verbindung beide Basen vor, so hat man sie als Doppelsalze anzusehen.

Die Erkennung des Eisenoxydoxyduls ergibt sich aus seinen physikalischen Eigenschaften, während seine chemischen zwischen denen des Oxyds und Oxyduls stehen.

Eisenchlorid. Das **Eisenchlorid** $Fe\,Cl_3 + 12\,\dot{H}$, welches man erhält durch Auflösen von Eisenoxyd in Salzsäure, oder von Eisen in Königswasser, krystallisirt nur schwierig in braunrothen, sehr zerfließlichen Krystallen, welche in Äther und in Weingeist löslich sind.

Es wird sehr häufig als Reagens gebraucht auf Gallus- und Gerbsäure, Cyan und Blausäure, Morphium, zur Fällung der Bernsteinsäure und Benzoësäure. Es findet außerdem Anwendung in der Färberei und zum Brüniren des Eisens; es bildet sich darauf eine dünne braune Haut von überbasischem Eisenchlorid, welche das Eisen vor Rost schützt.

Cyanverbindungen des Eisens. Mit dem Cyan geht das Eisen zwei Verbindungen ein und bildet damit Cyanür $Fe\,Cy$ und Cyanid $Fe\,Cy_3$. Beide sind weniger für sich, als in ihren Verbindungen bekannt. Das erstere, ein weißes, an der Luft schnell blau ($3\,Fe\,Cy + 2\,Fe\,Cy_3$) werdendes Pulver verhält sich wie

eine Säure gegen andere Cyanmetalle und bildet damit viele bekannte Verbindungen, welche man aus dem Kaliumeisencyanür erhält, daher auch von diesem zuerst die Rede sein muß. Das Eisencyanid ist nur als Auflösung oder als Doppelsalz bekannt.

Kaliumeisencyanür.

Das **Kaliumeisencyanür** (Blutlaugensalz) $2\,K\,Cy + Fe\,Cy + 3\,\dot{H}$ bereitet man im Großen durch Glühen stickstoffhaltiger Substanzen (Blut, Hornspäne, altes Leder, Borsten, Tuchabfälle ꝛc.) oder thierischer Kohle mit 2—3 Theilen kohlensaurem Kali in eisernen Kesseln, Auslaugen mit heißem Wasser und Abdampfen. Durch den Stickstoff der Thierstoffe wird das durch den Kohlenstoff reducirte Kalium disponirt, sich mit einem anderen Theile Kohlenstoff zu Cyan und dieses, sich mit dem Kalium zu verbinden. Ebenso vereinigt sich ein Theil von dem Eisen des Kessels zu Eisencyanür, welches wieder mit dem Cyankalium zu Cyankaliumeisencyanür (gewöhnlich nur Kaliumeisencyanür genannt) verbindet. Den Namen Blutlaugensalz erhielt es, weil man es durch Auslaugen der so verkohlten Thierstoffe (Blut ꝛc.) erhält.

Es krystallisirt in citronengelben quadratischen Säulen oder Tafeln, das Pulver ist weiß, besitzt einen süßlichbitterlichen Geschmack, ist in 8 Theilen kaltem Wasser, nicht aber in Alkohol löslich, verliert bei gelindem Erhitzen 13% Krystallwasser und wird in der Glühhitze in Cyankalium, Kohlenstoffeisen und Stickstoff zersetzt, durch Glühen mit kohlensaurem Kali entsteht Cyankalium, Eisenoxydul und Kohlensäure.

Anwendung desselben.

Das Kaliumeisencyanür ist eines der wichtigsten Reagentien und zwar auf Eisen- und Kupfersalze, in deren Auflösungen es gefärbte Niederschläge bildet, während es die meisten übrigen Metallsalze blos als weiße, oder doch nur schwach gefärbte Verbindungen fällt. Setzt man nämlich die Auflösung desselben zu einer Flüssigkeit, welche die geringste Menge eines Eisenoxyd- oder ihm entsprechenden Haloidsalzes enthält, so entsteht sogleich, oder bei sehr kleinen Mengen nach einiger Zeit ein schön dunkelblau gefärbter Niederschlag, indem sich der Sauerstoff und die Säure, oder das Haloid des Eisens mit dem Kalium zu einem neutralen Salze vereinigen, während dessen Cyan mit dem Eisen Cyanid bildet, welches sich mit dem Cyanür des Kaliumeisencyanürs zu Eisencyanürcyanid (Berlinerblau) $3\,Fe\,Cy + 2\,\bar{F}e\,Cy_3$ und dieses wieder mit einem Theil unzersetztem Kaliumeisencyanür verbindet. So z. B. beim schwefelsauren Eisenoxyd: $2\,\ddot{\bar{F}}e\,\dddot{S}_3$ $4\,(2\,K\,Cy + Fe\,Cy) = 6\,\dot{K}\dddot{S}\,(3\,Fe\,Cy + 2\,\bar{F}e\,Cy_3) + (2\,K\,Cy + Fe\,Cy)$.

Kommt das Cyaneisenkalium mit einem Eisenoxydul- oder einem ihm entsprechenden Haloidsalze zusammen, so entsteht, wenn dieses rein ist, ein weißer Niederschlag, enthält es aber nur etwas Oxydsalz, Chlorid ꝛc., so wird der Niederschlag hellblau, ebenso auch durch Einwirkung der Luft, indem durch Bildung von Oxyd der Verbindung ein Theil Eisen entzogen wird, so daß sie allmälig auch ganz in Cyanürcyanid übergeht, z. B. beim

schwefelsauren Eisenoxydul ist: 6 $\dot{Fe}\ddot{S}$ 3 (2 K Cy + Fe Cy) = 9 Fe Cy 6 $\dot{K}\ddot{S}$ und 9 Fe Cy 6 O = 3 Fe Cy + 2 Fe Cy_3 2 $\dddot{Fe}$.

Das Salz wird daher auch zur Darstellung des Berlinerblau und in der Färberei benutzt.

Kaliumeisen-cyanid.

Das **Kaliumeisencyanid** (rothes Blutlaugensalz) 3 K Cy + Fe Cy_3, welches man durch Einleiten von Chlorgas in eine Auflösung von Kaliumeisencyanür erhält, bis letztere ein reines Eisenoxydsalz nicht mehr blau niederschlägt: 2 (2 K Cy + Fe Cy) 2 Cl = K Cl 3 K Cy + Fe Cy_3, krystallisirt in wasserfreien, luftbeständigen, morgenrothen Prismen. Es ist das empfindlichste Reagens auf Eisenoxydulsalze, welche es nicht als Cyanür, sondern als Cyanürcyanid mit Kaliumeisencyanür mit dunkelblauer Farbe (Berlinerblau) niederschlägt, z. B. bei schwefelsaurem Eisenoxydul: 4 $\dot{Fe}\ddot{S}$ 2 (3 K Cy + Fe Cy_3) = 4 $\dot{K}\ddot{S}$ (3 Fe Cy + 2 Fe Cy_3) + (2 K Cy + Fe Cy). Die Auflösungen der Eisenoxydsalze werden bei nicht zu großer Verdünnung davon braunroth gefärbt ohne Trübung, indem auflösliches Eisencyanid entsteht: $\dddot{Fe}\ddot{S}$ 3 K Cy + Fe Cy_3 = 3 $\dot{K}\ddot{S}$ 2 Fe Cy_3. Es dient daher auch dazu, um zu ermitteln, ob Eisenoxydsalze frei von Oxydulsalz sind, oder um beide von einander zu scheiden.

Eisencyanür-cyanid.

Eisencyanürcyanid 3 Fe Cy + 2 Fe Cy_3 ist theils für sich, theils in Verbindung mit Eisenoxyd und Kaliumeisencyanür ein Bestandtheil verschiedener blaugefärbter und als Farbstoffe häufig benutzter Salze (Berlinerblau, Pariserblau). Man erhält es durch Fällung von Eisenoxydsalzen mit Kaliumeisencyanür, oder wenn man die damit gefällten Oxydulsalze längere Zeit der Luft aussetzt. Es bildet ein dunkelblaues Pulver, bei zusammenhängenden Stücken mit schwachem Kupferglanz, ist in Wasser und verdünnten Säuren nicht, wohl aber in Alkalien, concentrirten Metallsäuren und in Oxalsäuren auflöslich. Es ist vorzüglich insofern in der reinen Chemie wichtig, als es den blauen Niederschlag bildet, welchen man bei der Prüfung auf Eisen mittelst Kaliumeisencyanür erhält, in der Technik als Farbmaterial.

Schwefeleisen

Das **Einfachschwefeleisen** $\acute{Fe}$ erhält man durch Glühen von Eisenblech in Schwefelgas als graulichgelbe, metallglänzende, in starker Glühhitze schmelzbare Masse, durch Zusammenschmelzen von 3 Theilen Eisenfeilspänen und 2 Theilen Schwefel und auf nassem Wege durch Fällung eines Eisenoxydulsalzes mit einem Schwefelalkali, als schwarzes Pulver, welches letztere aber feucht nach einigen Stunden grauweiß wird, indem sich das Eisen oxydirt und die Farbe des Schwefels sichtbar wird. Es löst sich in verdünnten Säuren unter Entwickelung von reinem Schwefelwasserstoffgas ohne Abscheidung von Schwefel auf: $\acute{Fe}$ oder Fe S 4 O = $\dot{Fe}\ddot{S}$. Man benutzt es daher in der Chemie häufig zur Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas.

Der schwarze Niederschlag, welchen man durch Fällung von Eisenoxydsalzen mittelst Schwefelalkalien, oder Schwefelwasserstoffammonium erhält,

ist gleichfalls Einfachschwefeleisen, weil das Oxyd, wie durch Schwefelwasserstoff, zuerst unter Abscheidung von Schwefel in Oxydul reducirt wird und aus dem Oxydul von unzersetztem Schwefelalkali Einfachschwefeleisen gefällt wird. Setzt man dagegen eine neutrale Auflösung des Eisenoxydsalzes der Lösung des Schwefelalkalis zu, so ist der schwarze Niederschlag Anderthalbschwefeleisen $\overset{'''}{\overline{Fe}}$.

Das Doppelschwefeleisen (Schwefelkies, Eisenkies, Wasserkies) $\overset{''}{Fe}$ kommt in der Natur in speisgelben (graulichgelben) metallglänzenden, fast stahlharten spröden Würfeln, oder geraden rhombischen Säulen vor. Es löst sich nicht in verdünnten Säuren auf und verliert beim Glühen unter Luftabschluß 23% Schwefel und wird $\overset{'}{Fe}_6\overset{''}{Fe}$, eine Verbindung, die sich in der Natur findet als Magnetkies und sich auch dadurch künstlich darstellen läßt, daß man eine fast weißglühende Stange von Schmiedeeisen mit Schwefel berührt, wobei die Verbindung reichlich in ein untergesetztes Gefäß herabfließt. Sie eignet sich besser zur Entwickelung von Schwefelwasserstoff, als Einfachschwefeleisen, weil sie das Gas vermöge ihres festeren Zusammenhangs nicht so stürmisch, aber anhaltender entwickelt. Sie bildet wie der Magnetkies eine tombackbraune, metallglänzende, krystallisirte Masse.

Mangan.

Zeichen Mn. Atomgewicht und Äquivalent 345,887.

Das Mangan kommt nicht gediegen in der Natur vor, sondern meist mit Sauerstoff verbunden, aber auch in Verbindung mit Schwefel, Chlor und Arsenik, am reichlichsten als **Pyrolusit** (Manganhyperoxyd), **Psilomelan** (Hyperoxyd mit Oxydul und Baryt) und **Manganit** (Oxydhydrat), auch in Wasser und vielen Mineralien, jedoch nur in kleinen Mengen, als ein selten fehlender Begleiter des Eisenoxyds, ebenso (wahrscheinlich mit Pflanzensäuren), in den meisten Pflanzen. Man erhält es durch Erhitzen von kohlensaurem Manganoxydul mit Kohle bei heftigstem Gebläsefeuer, aber mit Kohle und Kiesel verunreinigt, welche man durch nochmaliges Erhitzen mit etwas kohlensaurem Manganoxydul oxydirt. Das Manganmetall hat eine graue Farbe, ist sehr spröde, von 8 specifischem Gewicht und bei — 20° C. magnetisch, darüber aber nicht. An der Luft und im Wasser oxydirt es sich so rasch, daß man es nur in zugeschmolzenen Glasröhren aufbewahren kann. Es bildet mit dem Sauerstoff 5 Verbindungen, ein Oxydul, Oxyd, Hyperoxyd und 2 Säuren.

Verbindungen des Mangans. Manganoxydul.

Das Manganoxydul (Manganprotoxyd) $\dot{Mn}$ kommt für sich in der Natur nicht vor, wohl aber seine Salze, wie das Carbonat und Silicat. Man erhält es durch Schmelzen von Manganchlorür mit kohlensaurem Natron bei Glühhitze und Luftabschluß, wo es beim Auslaugen mit Wasser, und Trocknen als grünlichgraues Pulver zurückbleibt, welches sich bei dieser Operation nicht höher oxydirt. Das durch Erhitzen von Mangansuperoxyd, Manganoxydhydrat, kohlensaurem Manganoxydul 2c.

erhaltene Oxydul ist gleichfalls graulichgrün, geht aber an der Luft bald in Oxyd über, nicht aber, wenn es bei höherer Temperatur reducirt wurde, wo man es als geschmolzene grüne Masse erhält. Es ist in Wasser nicht, wohl aber in Salmiaklösung auflöslich, und läßt sich also dadurch von Eisenoxydul und Eisenoxyd trennen, wenn man die Salze vor dem Fällen durch ätzendes Alkali mit Salmiak versetzt.

Das Manganoxydul bildet mit den Säuren bald farblose, bald blaß rosenrothe Salze. Man hat die rothe Färbung der Beimischung von höheren Oxydationsstufen zugeschrieben, allein wenn diese auch zuweilen diese Färbung verursachen, so scheint sie doch hier einen anderen Grund zu haben, weil sie durch Schwefelwasserstoff, welches Oxyd in Oxydul umändert, nicht zerstört wird, sie gehört wahrscheinlich einer eigenen, isomeren Modification an, welche noch nicht näher untersucht ist. Sie haben einen bitter zusammenziehenden Geschmack.

Ausmittelung des Manganoxyduls.

Das Manganoxydul gibt sich in seinen Auflösungen durch folgende Reactionen zu erkennen: Ätzkali und Ammoniak fällen es weiß, der Niederschlag wird aber (namentlich beim Filtriren) sehr schnell bräunlich und endlich schwarzbraun (Oxyd). Der weiße Niederschlag von kohlensauren Alkalien wird erst beim Erhitzen bräunlich, der durch freie Alkalien erhaltene Niederschlag löst sich auf Zusatz von Salmiak wieder vollständig, nicht aber der von den kohlensauren; ersterer entsteht daher bei Gegenwart von Salmiak gar nicht. Von Schwefelwasserstoff wird es nur aus ammoniakalischen und einigen neutralen Auflösungen in sehr schwachen Säuren weiß gefällt, Schwefelwasserstoffammoniak bildet damit in concentrirten Auflösungen einen fleischrothen Niederschlag, der beim Auswaschen mit Wasser hellolivenbraun, beim Trocknen an der Luft dunkelkastanienbraun, dann graubraun, beim Erhitzen unter Abgabe von Schwefel graulich wird und im Überschusse des Fällungsmittels nicht, aber leicht in Säuren auflöslich ist. Von Cyaneisenkalium wird es in verdünnten Auflösungen, oder durch starken Zusatz des Fällungsmittels weiß, aus concentrirten Auflösungen aber je nach dem stärkeren oder schwächeren Zusatze des Fällungsmittels blaßroth, rosenroth bis chocoladebraun gefällt, da sich, wie es scheint, die vorhandene rothe Modification des Salzes (vgl. S. 263) immer vor der weißen niederschlägt. Der Niederschlag ist in verdünnter Salzsäure löslich, woburch er sich von zugleich mit niedergeschlagenem Eisen trennen läßt. Auflösungen von unterchlorigsaurem Natron oder unterchlorigsaurem Kalk (Chlorkalk) fällen das Manganoxydul, besonders auf Zusatz von wenig Schwefelsäure, schwarzbraun als Oxyd. Vom Eisen unterscheidet sich das Mangan aber besonders dadurch, daß es von bernsteinsaurem, oder benzoësaurem Ammoniak, nicht wie dieses gefällt wird, sondern in Auflösung bleibt.

Nach Kraskowitz kann man den geringen Mangangehalt der Pottasche, also auch den der Mineralien dadurch nachweisen, daß man einen Tropfen Salzsäure darauf bringt, welcher sich dabei mit einem feurig rosenrothen Rande umgibt, welcher verschwindet, wenn man den Tropfen darüber

hingleiten läßt, sich aber jedesmal da wieder erzeugt, wo der Säuretropfen an die noch trockne Salzmasse grenzt. Er schlägt vor, die Mineralien mit Kali oder Natron zu schmelzen und dann in Salzsäure aufzulösen, um das Mangan ohne Entfernung von Eisen &c. erkennen zu können, denn es versteht sich von selbst, daß die oben angegebenen Reactionen nur bemerkbar werden können, wo keine anderen Metalle und namentlich kein Eisen vorhanden ist, ohne welches das Mangan selten vorkommt, oder nachdem man es vorher durch Fällung mit Kali aus salmiakhaltiger Auflösung davon geschieden hat [1]).

Crum gibt [2]) folgendes Verfahren an, um Mangan ohne vorherige Entfernung anderer Metalle in Flüssigkeiten zu entdecken: Man erhitzt Bleisuperoxyd mit verdünnter Salpetersäure und setzt dann die Manganauflösung zu, die Flüssigkeit nimmt, selbst wenn man nur sehr wenig von der Auflösung anwendet, die intensiv purpurrothe Farbe der Übermangansäure an, indem das Bleihyperoxyd $\ddot{P}b$ als Oxyd $\dot{P}b$ sich mit Salpetersäure verbindet und sein Sauerstoff das Manganoxydul in Übermangansäure verwandelt. Die Färbung ist sehr leicht wahrzunehmen, sobald sich der Überschuß des Bleisuperoxyds zu Boden gesetzt hat. Frischer Kalk in Salpetersäure gelöst zeigte diese Reaction noch sehr deutlich und auch weißer Marmor erwies sich hiernach nicht manganfrei.

Vor dem Löthrohr gibt Manganoxydul und seine Salze so wie auch die übrigen Oxydationsstufen desselben mit Borax schwarze, bei größerer Verdünnung violette bis rothe (amethystfarbene) in der inneren Flamme farblos werdende Gläser, mit vieler Soda, oder mit Salpeter geschmolzen grünes mangansaures Natron.

Kohlensaures Manganoxydul.

Das **kohlensaure Manganoxydul** $\dot{M}n\ddot{C}$ kommt in verschiedenen Verhältnissen mit kohlensaurem Eisenoxydul zusammen krystallisirt als Spatheisenstein, mit kohlensaurem Kalk und Eisenoxydul gemengt als Rothmanganerz und, wenn auch nur in geringeren Mengen, auch in vielen anderen Mineralien fast so häufig, als das Eisen vor. Wo es in überwiegender Menge in Mineralien vorkommt, färbt es dieselben gewöhnlich rosenroth, sonst verschwindet aber seine Farbe gegen die der Eisenverbindungen. Das künstlich durch Fällen von Oxydulsalzen durch kohlensaure Alkalien als Hydrat dargestellte ist ein weißes, als Bicarbonat wie Eisenoxydul, Kalk und Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser lösliches Pulver, wird daher auch nicht selten in Mineral- und gewöhnlichen Quellwässern angetroffen. Kaiser sah daher die 3/4 Zoll weite Leitungsröhre eines Münchener Brunnenwassers ganz mit Manganoxyd ausgefüllt, welches sich in 2 Jahren aus dem manganoxydulhaltigen Wasser abgelagert hatte.

Schwefelsaures Manganoxydul.

Das **schwefelsaure Manganoxydul** (Manganvitriol) $\dot{M}n\dddot{S}$, welches man als Rückstand bei der Sauerstoffentwickelung aus Braunstein

1) Poggendorff's Ann. 36. S. 565.
2) Ann. d. Chem. u. Pharm. 60. S. 219.

(Manganhyperoxyd) mittelst Schwefelsäure erhält, wenn Glühhitze dabei angewendet worden ist, wobei das vorhandene Eisensulphat durch Verlust seiner Schwefelsäure beim Auslaugen unlöslich zurückbleibt, krystallisirt in farblosen, oder amethystfarbenen geraden rhombischen Säulen, schmeckt zusammenziehend bitter, löst sich in $2\frac{1}{2}$ Theilen kaltem, weniger leicht in kochendem Wasser, nicht in Weingeist auf, verwittert an der Luft und in der Wärme und kann mit verschiedenen Mengen Wasser krystallisiren.

Kieselsaures Manganoxydul.

Das **kieselsaure Manganoxydul** ist im neutralen Zustande unbekannt. Das basische dagegen kommt im Mineralreiche vor, zweifach-basisches $\dot{Mn}_3\dddot{Si}$ als schwarzer Mangankiesel, welches 3 Atome Wasser enthält, schwarz und in Säuren leicht löslich ist; das halbbasische $\dot{Mn}_3\dddot{Si}_2$ als rother Mangankiesel, welches selten krystallisirt, sondern gewöhnlich derb vorkommt, rosenroth und auf nassem Wege nicht zersetzbar ist. Manganoxydulsilicate bilden den färbenden Bestandtheil vieler roth oder violett gefärbter Mineralien und bilden auch einen gewöhnlichen Bodenbestandtheil.

Das **Manganoxyd** (Mangandeutoxyd) $\dddot{Mn}$ kommt, wiewohl selten, als Mineral krystallisirt vor unter dem Namen Braunit, auch bildet es, wiewohl nur in kleinen Mengen, einen gewöhnlichen Begleiter des natürlich vorkommenden Eisenoxyds. Man erhält es durch gelindes Erhitzen des salpetersauren Manganoxyduls, es ist schwarz, oder wenn es in einer Flüssigkeit niedergeschlagen und vertheilt ist, dunkelbraun. Es hat zu den Säuren nur schwache Verwandtschaft und seine Salze verwandeln sich durch Kochen der Auflösung in Oxydulsalze. Von den Manganoxydsalzen ist daher auch, außer dem schwefelsauren und dieses nur im aufgelösten Zustande, keines hinlänglich bekannt, ebensowenig die entsprechenden Haloïdsalze. Selbst von der Salpetersäure wird es unter Zurücklassung von Hyperoxyd als Oxydulsalz aufgelöst, Salzsäure löst dunkelbraunes Chlorid auf, aber auch beim Entwässern durch Chlorcalcium unter einer Glasglocke krystallisirt nur Chlorür unter Chlorentwickelung.

Das **Manganoxydhydrat** $\dddot{Mn}\dot{H}$ (= 10% Wasser) findet sich in der Natur erdig als Wad, von dunkelbrauner Farbe und feinstrahlig, oder in Oktaëdern krystallisirt als Manganit, dem Braunstein sehr ähnlich, wovon er sich aber unterscheidet, daß er ein leberbraunes, der Braunstein dagegen ein schwarzes Pulver liefert. Man erhält es durch Oxydation des Oxydulhydrats an der Luft.

Man erkennt das Manganoxyd an seiner Farbe und an der Chlorentwickelung, wenn es mit Salzsäure erhitzt wird. Die entfärbte Auflösung zeigt die Oxydulreactionen. Vor dem Löthrohr verhält sich das Oxyd wie Oxydul.

Manganoxydoxydul.

Das **Manganoxydoxydul** $\dot{Mn} + \dddot{Mn}$ kommt natürlich vor als Hausmannit und wird erhalten durch starkes Erhitzen eines Oxyds (Hyperoxyd, oder Oxydul). Es hat eine braune Farbe und wird durch Salpetersäure in Oxydul und Hyperoxyd zersetzt.

Mangan-hyperoxyd.

Das **Manganhyperoxyd** (Mangansuperoxyd, Manganperoxyd) $\ddot{\mathrm{Mn}}$ kommt ziemlich häufig vor als Graumanganerz, Graubraunsteinerz, Pyrolusit, strahlig, faserig, kugelig, traubig, nierenförmig, blätterig, in geraden rhombischen Säulen krystallisirt und erdig, von eisengrauer Farbe. Es zersetzt sich bei starker Glühhitze in Oxyd und Sauerstoff, mit Säuren schon bei schwächerem Erhitzen in Oxydul, es wird daher auch zur Darstellung von Sauerstoff und mit Salzsäure zur Darstellung des Chlors, zur Darstellung aller Manganpräparate, zu braunen Glasuren und in kleinen Mengen zur Entfärbung des Glases benutzt, indem der freiwerdende Sauerstoff die Kohlentheile verbrennt.

Das **Hyperoxydhydrat** ($\ddot{\mathrm{Mn}}\dot{\mathrm{H}}$) entsteht durchs Behandeln der Mangansäure mit Salpeter- oder Schwefelsäure.

Mangansäure

Die **Mangansäure** ($\dddot{\mathrm{Mn}}$) ist noch nicht für sich dargestellt worden, weil sie das Wasser sogleich zersetzt. Man kennt nur mangansaures Kali und Natron. Man erhält die Kaliverbindung durch Zusammenschmelzen von 1 Theil Braunstein und 2 Thln. Pottasche, sie ist schwärzlichgrün, löst sich in Wasser mit dunkelgrüner Farbe auf, die Auflösung wird bald violett, dann roth unter Absatz brauner Flocken (Oxyd- und Hyperoxydhydrat) und endlich ganz farblos. Die Verbindung erhielt deshalb den Namen „mineralisches Chamäleon." Die Auflösung wird nämlich durch die Kohlensäure der Luft und des Wassers (besonders Brunnenwasser) zersetzt. Die freie Mangansäure geht sogleich in Oxyd und Hyperoxyd über, während der ausgeschiedene Sauerstoff mit dem noch unzersetzten mangansauren Kali übermangansaures Salz bildet. Das Natronsalz verhält sich ganz ähnlich.

Übermangansäure.

Übermangansäure $\overset{\cdots}{\ddot{\mathrm{Mn}}}$ wird durch Zersetzung des übermangansauren Baryts durch Schwefelsäure erhalten. Es ist eine dunkelrothe Flüssigkeit, welche sich bei mittler Temperatur langsam, bei + 30 bis 40° C. rasch zersetzt in Hyperoxyd und Sauerstoff. Sie bleicht augenblicklich organische Körper, dasselbe thun, wiewohl in geringerem Grade, ihre Salze. Letztere sind gleichfalls dunkelroth und sämmtlich im Wasser löslich. Das übermangansaure Kali $\dot{\mathrm{K}}\overset{\cdots}{\ddot{\mathrm{Mn}}}$ erhält man durch Auskochen des mangansauren mit Wasser, es krystallisirt in dunkelpurpurfarbenen Nadeln, schmeckt süßlich bitter, herb, löst sich in 15—16 Theilen Wasser auf, die Auflösung wird durch Kali violett, blau, zuletzt grün gefärbt und durch alle organischen Stoffe unter Abscheidung von Oxydhydrat und Bildung von kohlensaurem Kali zersetzt.

Das **Manganchlorür** Mn Ɛl kommt in einigen Mineralwässern vor, wird durch Behandeln von Braunstein mit Salzsäure unter Chlorentwickelung erzeugt und bildet rosenrothe, zerfließliche, tafelförmige Krystalle.

Schwefel-mangan.

Das **Schwefelmangan** $\acute{\mathrm{Mn}}$ kommt als Manganblende, Manganglanz vor in krystallinischen Massen und eingesprengt, metallglänzend, eisenschwarz und wird künstlich erhalten durch Glühen von Braunstein und

Schwefel, wobei schwefligsaures Gas entweicht, oder durch Fällung eines Manganoxydulsalzes mit Schwefelwasserstoffgas, im ersteren Falle als schwarzes Pulver, in letzterem Falle als fleischrother Niederschlag, der beim Trocknen braun wird.

Organische Chemie.

Begriff der organischen Chemie.

Man versteht unter der organischen Chemie den Theil der speciellen Chemie, welcher sich mit den organischen Körpern, oder mit den chemischen Erzeugnissen der Lebenskraft beschäftigt.

Organische Körper.

Während man bei den anorganischen Körpern, bei den Erzeugnissen des Mineralreiches den Grund ihrer Verschiedenheit leicht in der Verschiedenheit der Elemente findet, aus denen sie bestehen, läßt sich diese Annahme bei den organischen Körpern nicht aufstellen, da die Lebenskraft aus einer sehr beschränkten Anzahl von Elementen eine außerordentlich große Menge von einander ganz unähnlichen Körpern hervorbringt. Die meisten organischen Körper bestehen nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Bei wenigen fehlt, wie bei der Oxalsäure (C_2O_3) der Wasserstoff, oder wie bei einigen flüchtigen Ölen der Sauerstoff. Viele, besonders die thierischen enthalten auch Stickstoff, einige wenige auch Schwefel und Phosphor.

Alle Eigenschaften, welche man früher den organischen Körpern als eigenthümlich zugeschrieben hat, haben sich später als unwesentlich, als zufällig erwiesen. Jeder Versuch, eine bestimmte Grenze zwischen den Gebieten der anorganischen und der organischen Chemie zu ziehen, ist bis jetzt noch gescheitert. Indessen lassen sich doch einige Punkte aufstellen, in denen sie sich wenigstens gewöhnlich unterscheiden.

Organische Körper werden durch höhere oder niedere Hitzgrade unter Zurücklassung von Kohle zersetzt, sie verkohlen.

Ihre Elemente ordnen sich beim Erlöschen der sie erzeugenden Lebenskraft unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft zu neuen Verbindungen, sie gehen in Fäulniß über.

Sie können aus ihren Elementen nicht künstlich dargestellt werden.

Die wenigen Elemente, aus denen sie bestehen, verbinden sich in sehr manchfaltigen Verhältnissen und ihre Verbindungen haben meist hohe Atomgewichte.

Endlich scheinen dieselben nicht binär zusammengesetzt zu sein.

Betrachtet man jedoch diese unterscheidenden Eigenschaften näher, so ergeben sie sich dem jetzigen Standpunkte der organischen Chemie gemäß als sehr schwankend.

Was zunächst die Zersetzbarkeit organischer Körper in der Hitze betrifft, so ist diese Eigenschaft keinesweges allgemein, es lassen sich viele in der Hitze nicht verflüchtigen und viele selbst durch glühende Röhren geleitet, nicht zersetzen.

Ebensowenig unterliegen alle organischen Körper der Fäulniß und viele anorganischen Verbindungen zerfallen gleichfalls ohne weitere Veranlassung, als die Einwirkung der atmosphärischen Luft, und oft selbst auch ohne diese. Es muß dies bei den organischen Körpern nur deswegen leichter geschehen, weil ihre Bestandtheile meist durch eine geringere Verwandtschaft zusammengehalten werden und weil ihre Elemente sich leicht mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft verbinden.

Vermochte man auch mit Hilfe der Kunst nur äußerst wenige jener organischen Verbindungen aus ihren Elementen darzustellen, wie sie der Lebensprozeß hervorbringt, so gelang es doch schon, ziemlich viele ihnen analoge Verbindungen zu erzeugen, auch lassen sich viele der natürlich vorkommenden künstlich in einander umwandeln, und wie viele Steine und Erze des Mineralreichs konnten auch noch nicht mit Hilfe der Kunst dargestellt werden? Der Satz, daß die organischen Körper sich nicht künstlich aus ihren Elementen darstellen lassen, ist demnach dahin zu berichtigen: die Natur vermag die organischen Körper nur unter Vermittelung der Lebenskraft aus ihren Elementen zu erzeugen.[1])

Die Manchfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse ist allerdings sehr groß, allein auch diese Erscheinung findet sich nicht ausschließlich bei den organischen Körpern, denn je schwächer die Verwandtschaft zwischen zwei Körpern, in um so manchfacheren Verhältnissen verbinden sie sich, sie mögen organischen oder anorganischen Ursprungs sein. Schwefelsäure verbindet sich mit Baryt nur in einem Verhältnisse, die Kieselsäure dagegen mit den Erden in sehr verschiedenen. Es kann sonach auch die Manchfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse und das hohe Atomgewicht der Verbindungen nicht als ein ausschließliches Kennzeichen der organischen Körper betrachtet werden. Zudem ist es auch in neuerer Zeit gelungen, Körper, welche ein sehr hohes Atomgewicht besitzen, ohne wirklich in der organischen Natur vorzukommen, aus ihren Elementen darzustellen, wie das Melam ($H_9 C_{12} N_{11}$).

Was endlich die Annahme betrifft, daß die organischen Körper aus ihren Elementen nicht binär, sondern ternär, quaternär und selbst quinär zusammengesetzt seien, so hat sie gleichfalls durch die neuesten Forschungen eine bedeutende Erschütterung erlitten. Man suchte nämlich die Verbindung von 3, 4, oder 5 Elementen, aus welchen man diese Körper zusammengesetzt findet, durch die Annahme zu erklären, daß dieselben, wie in allen organischen Körpern, welche aus mehr als zwei Elementen bestehen, zu je zwei näheren Bestandtheilen verbunden seien, so daß, wie auch bei manchen anorganischen Verbindungen (Ammoniak- und Cyanverbindungen), zusammengesetzte Körper die Stelle von Elementen vertreten, sich mit anderen Elementen

1) Aber auch diese Modification kann ihre Geltung nicht behalten, wenn man eine Urzeugung (vgl. im speciellen Theil) annimmt. Die Oxalsäure kommt im Mineralreich vor, vgl. S. 280.

verbinden können. Bei weitem die Mehrzahl der organischen Verbindungen ist sauerstoffhaltig und besitzt den Charakter der anorganischen Oxyde.

Eintheilung der organischen Körper.

So wie diese sauer oder basisch sein können, so finden sich auch entschieden Säuren und Basen unter jenen, wovon namentlich die letzteren alle stickstoffhaltig sind. Die größere Zahl der organischen Stoffe ist jedoch weder starke Basis, noch Säure und heißen deshalb **indifferente Körper**.

Die näheren Bestandtheile derselben. Organische Radicale.

Man denkt sich daher die organischen Körper, sie mögen nun starke oder schwache Basen oder Säuren sein, bestehend aus **Radicalen**, welche jedoch zusammengesetzt sind, während die Radicale der anorganischen Körper einfache Stoffe sind, in Verbindung mit Sauerstoff, und es ist auch wirklich gelungen, einige derselben für sich herzustellen. Ist dies auch bis jetzt nur bei einem kleinen Theile derselben möglich gewesen, so mag dies seinen Grund darin haben, daß bei der Zersetzung mit der Wegschaffung des elektronegativen Stoffes, auch gewöhnlich die durch prädisponirende Verwandtschaft zusammengehaltenen Grundstoffe des Radicals sich anderweitig vereinigen und als Zersetzungsprodukte hervortreten. Bisweilen erscheinen sie zwar nach der Zersetzung in derselben Mischung, wie in der Verbindung, aber mit anderen Eigenschaften, als isomere oder polymere Modification. Aus demselben Grunde ist es auch noch bei den wenigsten gelungen, dieselben wieder in die ursprüngliche Verbindung zurückzubringen, wohl aber läßt sich der elektronegative Bestandtheil, womit ein Radical in Verbindung steht, durch einen anderen ersetzen. Man nennt einen solchen Vorgang **Substitution**.

Die zusammengesetzten Radicale, welche aus zwei Elementen bestehen, heißen **binäre Radicale**, sie sind meist aus Kohlenstoff und Wasserstoff, selten aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzt. Die **ternären** bestehen gewöhnlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, wenige aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel oder Kohlenstoff, Wasserstoff und Arsenik. Von **quaternären** Radicalen besteht nur ein problematisches Beispiel von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel.

Die Radicale aus Kohlenstoff und Wasserstoff bezeichnet man durch die Endsilbe yl von ὕλη Stoff. So heißt also das Radical der Essigsäure Acetyl, das der Ameisensäure Formyl, woraus die wissenschaftlichen Benennungen dieser Säuren: Acetylsäure und Formylsäure entstanden sind. Die Radicale aus Kohlenstoff und Stickstoff erhalten die Endung an, z. B. Cyan[1]), Paraban, Mellan, die Radicale aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff die Endung en (lang oder mit Betonung ausgesprochen, én), Inden, Lithen.

Die organischen Säuren lassen sich mit anorganischen und organischen Basen, ebenso letztere mit anorganischen Säuren zu Salzen verbinden, welche an ihren Eigenschaften ganz mit den anorganischen Salzen übereinstimmen.

---

1) Das Cyan wurde wegen seines chemischen Verhaltens schon im anorganischen Theile unter den Haloiden abgehandelt.

Die indifferenten organischen Körper verbinden sich mit anorganischen Basen und Säuren, doch haben diese Verbindungen nicht den Charakter der Salze, sondern ähneln mehr den Doppeloxyden, die Verbindungen derselben aber gleichen mehr den Säuren oder sauern Salzen und gehen auch mit den Säuren in die Verbindung mit Basen zu wirklichen neutralen Salzen ein.

Alle organischen Verbindungen sind feste oder flüssige Körper, keiner derselben ist ein permanentes Gas. Manche verflüchtigen sich indeß ohne Zersetzung, die meisten jedoch werden schon unter der hierzu nöthigen Temperatur zersetzt.

Außer der Wärme wirken aber auch die stärkeren anorganischen Säuren und Basen unter gewissen Verhältnissen zersetzend auf die organischen Verbindungen ein, und das Zersetzungsprodukt nähert sich um so mehr in seiner Verbindungsweise den anorganischen Stoffen, je mehr die Einwirkung der ersteren gesteigert worden ist.

Analyse der organischen Körper.

Das bei der qualitativen Analyse organischer Substanzen einzuschlagende Verfahren weicht von dem bei anorganischen Verbindungen gebräuchlichen bedeutend ab. Man hat hier keine so bestimmte Reihe von Reagentien, nach deren Anwendung man auf die Gegenwart eines Körpers mit Bestimmtheit schließen kann. Die bei jenen anwendbaren Reagentien müssen sogar hier vermieden werden, weil sie die organischen Körper leicht zersetzen und unkenntlich machen. Es müssen daher bei organischen Analysen alle stärker wirkenden Agentien, Säuren und Alkalien und besonders eine höhere Temperatur so wenig als möglich in Anwendung kommen.

Man muß, um einen organischen Körper genauer untersuchen zu können, denselben erst aus seinen Verbindungen oder Gemengen abscheiden durch Anwendung von indifferenten Lösungsmitteln, Wasser, Weingeist von verschiedener Stärke, Äther rc. Aus den so gewonnenen Auszügen erhält man dann meist die organischen Körper durch Krystallisiren, Destilliren und Sublimiren.

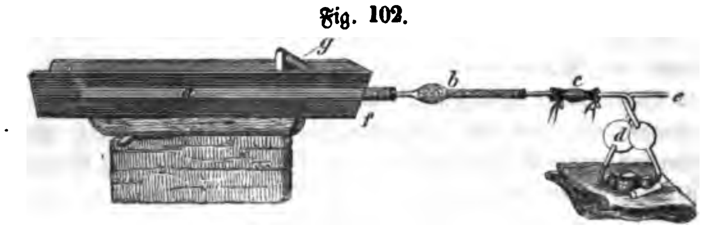
Erst im isolirten Zustande lassen sich die organischen Körper an ihren physikalischen Eigenschaften, an ihrem Verhalten zu Säuren, Alkalien, Erd- und Metallsalzen und bei verschiedenen Temperaturen erkennen. Da sich dieselben indessen in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften, so wie in ihren Zersetzungsprodukten oft nur wenig unterscheiden, so bleibt das zuverlässigste Mittel, die Natur eines organischen Körpers zu untersuchen, die **Elementaranalyse**. Sie lehrt, in welchen Gewichtsverhältnissen die Elemente in den organischen Körpern enthalten sind, und besteht der Hauptsache nach in einer Verbrennung. Aus den Verbrennungsprodukten, Kohlensäure und Wasser, berechnet man den Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt, nach deren Abzug die Sauerstoffmenge übrigbleibt. Der Stickstoff wird als Gas aufgefangen, oder als Ammoniak bestimmt, Schwefel und Phosphor als Säuren.

Elementaranalyse.

Verfahren bei der Elementaranalyse. Bestimmung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs.

Zuvor wird der zu analysirende Körper getrocknet in einem Gefäße, aus welchem man die Luft ausgepumpt hat, im Wasser- oder Salzbad, man wägt ihn dann, mengt ihn mit der 60- bis 80fachen Menge reinem, eben ausgeglühtem Kupferoxyd (worin bei Analysen stickstoffhaltiger Körper metallisches Kupfer enthalten sein muß, um der Bildung von Stickstoffoxydgas, das sich in salpetrige Säure verwandelt und der Kohlensäure zuaddirt, vorzubeugen), oder mit chromsaurem Bleioxyd, bringt ihn dann in ein langes schmales Rohr *a* von schwerschmelzbarem Glas, an dessen eines

Fig. 102.



Ende man ein abgewogenes Rohr *b* mit Stückchen geschmolzenem Chlorcalcium durch einen Korkstöpsel befestigt, während das entgegengesetzte Ende vor der Lampe ausgezogen und zugeschmolzen wird. Das andere Ende des Chlorcalciumrohres steht gleichfalls durch einen Kork, welchen eine Glasröhre durchbohrt und durch das Kautschukrohr *c* mit einem abgewogenen Glasgefäße *de* in Verbindung, welches aus 5 mit einander communicirenden in Röhren endigenden Kugeln besteht, die mit concentrirter Kalilauge gefüllt sind. Das mit dem Kupferoxyd und der organischen Substanz gefüllte Rohr erwärmt man in einem kleinen Ofen *f* anfangs behutsam, nachher bis zum Glühen.

Der Kohlenstoff und Wasserstoff des organischen Körpers verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kupferoxyds zu Kohlensäure und Wasser, von denen letzteres durch das Chlorcalcium, erstere durch die Kalilösung absorbirt wird. Nach Vollendung des Versuchs wiegt man das Chlorcalciumrohr und das Glasgefäß mit der Kalilösung. Die Gewichtszunahme des ersteren ergibt die Menge des Wassers, die des letzteren die Menge der Kohlensäure, welche aus dem Wasserstoff und Kohlenstoff der organischen Substanz entstanden waren. Zieht man das Gewicht des Wasserstoffs und Kohlenstoffs von dem Gewichte des zur Analyse verwendeten organischen Körpers ab, so bleibt die in letzterem vorhanden gewesene Sauerstoffmenge übrig.

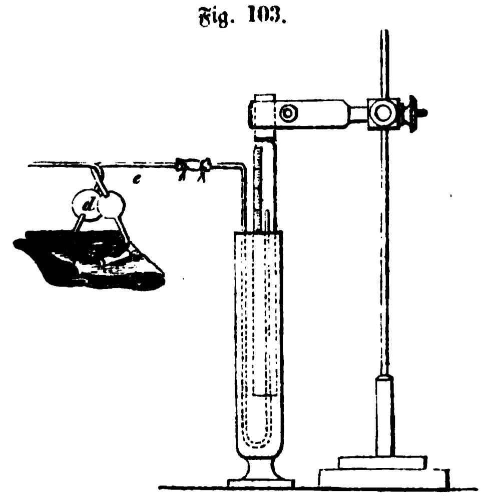
Ist der zu analysirende Körper eine Flüssigkeit, so tropft man ihn unter das Kupferoxyd, wenn aber dieselbe sehr flüchtig ist, so wird sie in ein abgewogenes Glaskügelchen gebracht, dasselbe zugeschmolzen, abgewogen und in die Röhre geschoben. Man macht dann zuerst das Kupfer glühend, und erhitzt hierauf den Theil der Röhre, wo die Kugel liegt, wodurch diese springt und ihren Gehalt über das erhitzte Oxyd streichen läßt.

Bestimmung des Stickstoffs.

Die Bestimmung des Stickstoffs geschah früher ausschließlich nach dem Volum dieses Gases, wie man es bei der Verbrennung des organischen

Körpers mit Kupferoxyd erhält, jetzt aber gewöhnlich nach dem Gewichte des Ammoniaks, welches beim Erhitzen des organischen Körpers mit Alkalien oder Kalk entsteht. Bei der ersteren Bestimmungsweise wird an den Kohlensäureabsorptionsapparat *d e* noch ein Gasleitungsrohr angebunden,

Fig. 103.



das in einen mit Quecksilber gefüllten Cylinder taucht. In einem graduirten Glasrohre sammelt man das sich entwickelnde Stickstoffgas auf und bestimmt dasselbe nach dem Volum.

Besser ist es unstreitig zur Bestimmung des Stickstoffs noch eine besondere Analyse zu machen, wobei man die Substanz mit 1 Theil frisch geschmolzenem Kali- oder Natronhydrat und 2 Theilen gebranntem Kalk in einer Glasröhre glüht und das sich entwickelnde Ammoniakgas in verdünnter Salzsäure auffängt, woraus es dann durch Platinchlorid niedergeschlagen wird. Aus dem Gewichte des erhaltenen Ammoniumplatinchlorids wird die Quantität des Stickstoffs berechnet.

Gewöhnlich reicht, je nach dem Stickstoffgehalt, 0,5 — 1,0 Gramme Substanz zu dieser Untersuchung hin. Bei Gemengen verschiedener Körper kann man jedoch nur aus dem Mittel mehrerer Analysen den Stickstoff ermitteln, da man bald eine stickstoffreichere, bald eine stickstoffärmere Menge verwenden wird. Schmidt schlägt daher vor, in Fällen, wo es auf sehr große Genauigkeit nicht ankommt, nur einen einzigen Versuch, aber mit einer 10—12 Mal größeren Menge anzustellen. Da aber nach dem ersteren Verfahren eine zu große Glasglocke und viel Quecksilber, nach dem zweiten eine sehr große Menge Platinchlorid erforderlich wäre, so leitet man das Ammoniakgas in eine Auflösung von Chlorbaryum, in welche zugleich Kohlensäure strömt. Man berechnet dann die Menge des Ammoniaks aus der Quantität des kohlensauren Baryts, welcher durch die Zersetzung mittelst des kohlensauren Ammoniaks entsteht. Durch Division seines Gewichtes mit 7 erhält man den Stickstoffgehalt in Procenten.

Noch einfacher verfährt man nach Peligot, wenn man das Ammoniakgas in verdünnter Schwefelsäure von bekanntem Säuregehalt auffängt und dann die Menge der nicht von Ammoniak gesättigten Säure bestimmt, indem man sie mit Lackmustinctur färbt und mit einer Auflösung von Ätzkalk in Zuckerwasser in einem graduirten Cylinder (s. Alkalimeter) neutralisirt, von welcher man weiß, wie viel davon zur Neutralisation eines gewissen Volums der angewendeten Säure erforderlich ist [1]).

Bestimmung des Schwefels und Phosphors.

Um den Schwefel- und Phosphorgehalt einer organischen Verbindung zu bestimmen, oxydirt man den Schwefel und Phosphor durch Behandeln der organischen Substanz mit Salpetersäure oder Königswasser, oder mengt dieselbe mit etwa 3 Gewichtstheilen salpeter- oder chlorsauren Kali, bringt das Gemenge in eine 6 Zoll lange Verbrennungsröhre, darüber eine Schichte chlorsaures Kali, erhitzt von oben nach unten, wobei der Sauerstoff des chlorsauren Kali unter Zurücklassung von Chlorkalium den Schwefel und Phosphor zu Schwefel- und Phosphorsäure oxydirt. Man digerirt den Rückstand mit Salpetersäure und bestimmt dann beide Säuren als solche, um daraus die Menge des Schwefels und Phosphors zu berechnen. Die Substanzen müssen natürlich zuvor auf Sulphate geprüft werden, indem man sie mit verdünnter Salzsäure digerirt und dem filtrirten Auszug Barytsalzlösung zusetzt. Die gefundene Schwefelsäure muß dann von der aus dem Schwefel erhaltenen abgezogen werden.

Liebig schmilzt den fein gepulverten schwefelhaltigen Körper mit etwa 12 Theilen schwefelsäurefreien Kali in einer Silberschale, setzt dann etwa 6 Theile Salpeter zu, erhitzt so lange, bis die Masse völlig weiß erscheint, löst mit destillirtem Wasser, übersättigt mit Salzsäure und fällt die Schwefelsäure mit Barytsalz.

Ableitung der Atomzahlen aus den Resultaten der Elementaranalyse.

Es läßt sich auf diese Weise die procentige Zusammensetzung der analysirten Substanz ermitteln und daraus auch die relativen Atomzahlen der einzelnen Bestandtheile berechnen, wenn man die Procente jedes Bestandtheils durch das Atomgewicht desselben dividirt. Es ist aber hiernach noch unbestimmt, ob die so erhaltenen kleinsten Verhältnißzahlen auch die absoluten oder wirklichen Atomzahlen sind. Hierzu ist die Untersuchung einer Verbindung der organischen Substanz mit einer anorganischen Basis, z. B. mit Silber- oder Bleioxyd, oder Baryterde nothwendig.

Es sind hierzu drei Untersuchungen nöthig, eine auf die oben angegebene Weise, die andere dadurch, daß man die mit diesen Basen verbundene Substanz verbrennt und dann die übrig bleibende Menge Silber, Blei oder kohlensaurer Baryterde bestimmt. Die Menge der letzteren verhält sich zu der zur Analyse angewendeten Menge des organischen Körpers, wie das bekannte Atomgewicht der Metallverbindung zum unbekannten Atomgewicht der organischen Verbindung. Durch die dritte Analyse, eine

---

1) Die genauere Beschreibung dieses Verfahrens findet sich im pharm. Centralbl. 1847. S. 353—354 aus Compt. rend. 24. S. 550—553.

Verbrennung mit Kupferoxyd findet man die Bestandtheile der organischen Verbindung mit der Basis.

Vertheilt man nun nach dem Verhältnisse der aus dieser Untersuchung gewonnenen procentigen Resultate die einzelnen Bestandtheile auf das in der zweiten Analyse gefundene Atomgewicht der organischen Verbindung, so erhält man Zahlen, die durch die bezüglichen Atomgewichte der Bestandtheile dividirt, die wahre Anzahl der in der Verbindung enthaltenen Atomgewichte geben. Vergleicht man dieses Resultat mit dem aus der ersten Untersuchung, wo die reine organische Substanz analysirt wurde, so findet man gewöhnlich eine Differenz im Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt, und zwar gerade in dem zur Wasserbildung erforderlichen Verhältnisse. Durch Abzug der Atomgewichtzahlen der organischen Substanz in ihrer Verbindung mit der Basis von denen der reinen Substanz erhält man die Anzahl der darin enthaltenen Wasseratomgewichte.

Zur Controle der so gefundenen Atomzahlen bestimmt man, wenn die Verbindung flüchtig ist, das specifische Gewicht ihres Dampfes und berechnet daraus ebenfalls diese Zahlen. Man läßt nämlich von einem kleinen abgewogenen Glasballon, welcher in eine Röhre endigt, durch Erwärmen desselben etwas von der zu untersuchenden Substanz aufsaugen und erhitzt dann den Ballon im Wasser- oder Salzbad über den Siedepunkt der Substanz so lange, bis der Ballon nur mit Gas gefüllt ist und nichts mehr aus der Glasröhre ausbläst. Der Temperaturgrad des Ballons wird genau bestimmt und die Spitze der Röhre schnell zugeblasen. Man wiegt den Ballon genau ab, bricht nach völligem Erkalten die Spitze der Glasröhre unter Quecksilber ab und läßt dasselbe in den Ballon steigen. Das Quecksilber muß in einem graduirten Cylinder dem Raum nach gemessen werden und sollte neben demselben noch eine Luftblase im Ballon geblieben sein, so kann ihr Volum durch Füllen des leeren Ballons mit Quecksilber und Abmessen im graduirten Cylinder bestimmt werden. Aus dem bekannten Rauminhalt des Ballons berechnet man das Gewicht der darin enthaltenen atmosphärischen Luft und dividirt damit in das Gewicht des gleichen Dampfvolums, reducirt auf gleiche Temperatur und gleichen Barometerstand mit der Luft. Der Quotient ist das specifische Gewicht des Dampfes.

Man vertheilt nun nach dem Verhältnisse der gefundenen procentigen Zusammensetzung die Quantitäten der einzelnen Bestandtheile auf die als specifisches Gewicht des Dampfes gefundene Zahl und dividirt jede der so erhaltenen Zahlen durch das specifische Gewicht des bezüglichen Bestandtheils in Gasform. Die gewonnenen Quotienten liefern die Anzahl Volume oder Atomgewichte der Bestandtheile, welche in einem Volum oder Atomgewicht der gasförmigen Substanz enthalten sind.

Das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases konnte zwar wegen der Feuerbeständigkeit des Kohlenstoffs nicht direct bestimmt werden, allein man hat dasselbe auf indirectem Wege gefunden. Wenn sich nämlich Sauerstoff durch Verbrennen von Kohle in demselben in Kohlensäure verwandelt, so verändert sich sein Volum nicht. Nun ist das specifische Gewicht des

Sauerstoffs = 1,1026, das specifische Gewicht der Kohlensäure = 1,5240, folglich wiegt der in der Kohlensäure enthaltene gasförmige Kohlenstoff = 1,5240 — 1,1026 = 0,4214. Die Kohlensäure ist aber C̈; ein Volum derselben enthält also 1 Volum Sauerstoff- und ½ Volum Kohlenstoffgas. Stellen also 1,1026 Sauerstoffgas 1 Volum vor, so ist 0,4124 Kohlenstoffgas ½ Volum, folglich das ganze Volum, oder das specifische Gewicht des Kohlenstoffgases = 0,8248.

Vorstehende Beschreibung bietet blos einen kurzen Überblick des bei der organischen Elementaranalyse einzuschlagenden Verfahrens. Genauere Angaben, wie sie zur wirklichen Vornahme solcher Analysen unerläßlich wären, nebst Abbildungen der Apparate finden sich in Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. 4. Aufl. 1844. Bd. I. S. 125—148; Berzelius' Lehrbuch der Chemie. 3. Aufl. 6. Bd. 1837. S. 28—63; Liebig und Poggendorff's Handwörterb. der reinen und angewandten Chemie. 1. Bd. 1837. S. 357—400; Persoz, Ann. de chym. et de phys. 75. S. 5—24; Payen ebendas. S. 54—58; Varrentrapp und Will, Ann. d. Chem. u. Pharm. 39. S. 257—296; Erdmann u. Marchand, Journ. f. prakt. Chemie 27. S. 129—140; Reiset, Ann. de chym. et de phys. 3me Sér. V. 1842. Août. S. 469—478; Fownes, Chemical Gazette. 1842. Dec. S. 81; Will, Ann. d. Chem. u. Pharm. 45. S. 95—112; Reiset, Ann. de chym. et de phys. Bd. 8; Erdmann u. Marchand, Journ. f. prakt. Chem. 37. S. 146—153; Melsens, Compt. rend. 20. S. 1437—1439. Diese Auszüge finden sich ganz oder auszugsweise im pharm. Centralblatt 1841 S. 290—295; S. 307—308; S. 753—762; 1842 S. 816—823; S. 886—889; 1843 S. 80; S. 161—166; S. 959; 1846 S. 438—440 u. S. 440—441.

Organische Säuren.

Organische Säuren.

Da die meisten organischen Körper Verbindungen mit den stärkeren Basen eingehen, ohne daß alle diese den Mineralsäuren analog sind, so versteht man unter **organischen Säuren** nur solche Körper organischen Ursprungs, welche mit den meisten Basen den Salzen der Mineralsäuren analoge Reihen von Salzen bilden. Die meisten organischen Säuren sind fest, krystallisirbar, nur wenige bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig, wie Essigsäure, Ameisensäure, Milchsäure. Die meisten verkohlen in der Hitze, nur wenige verflüchtigen sich ohne Zersetzung, wie Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure. Viele liefern bei der trockenen Destillation neue Säuren, sogenannte **Brenzsäuren**.

Die meisten sind in Wasser und Alkohol löslich, unlöslich in beiden sind nur die Schleimsäure und Harnsäure, unlöslich in Wasser sind die nicht flüchtigen Fettsäuren. Die meisten röthen Lackmuspapier. Sie treiben größtentheils die schwächeren anorganischen Säuren, z. B. die Kohlensäure, aus ihren Verbindungen mit Basen aus und, wo unlösliche Salze dadurch entstehen, oft auch die stärksten, wie die Schwefelsäure. Bisweilen ist selbst ihre Verwandtschaft so groß, daß sie auch, wo kein Nieder-

schlag entsteht, solche Zersetzungen bewirken. So erhält man beim Versetzen von schwefelsaurer Titanoxydlösung (Titansäure gibt einen weißen Niederschlag) mit Oxalsäure eine braune Färbung von oxalsaurem Titanoxyd ohne Niederschlag, beim Zusammenbringen von Eisenchlorid ($\dddot{\overline{Fe}}\,\dddot{\overline{S}}_3$ wird nicht zersetzt) mit Essig-, Mekon- oder Ameisensäure eine klare braunrothe Färbung von essigsaurem Eisenoxyd ɽc. Ihre Salze werden sämmtlich beim Erhitzen zersetzt, beim Verbrennen an der Luft hinterlassen sie kohlensaure Salze. Die alkalischen Salze sind meist in Wasser löslich, die Löslichkeit der Erd- und Schwermetallsalze ist bei den verschiedenen Säuren verschieden. Fast nur lösliche Salze geben Essigsäure, Milchsäure und Ameisensäure.

Sättigungscapacität der organischen Säuren.

Was die Sättigungscapacität der organischen Säuren betrifft, so findet das aus der anorganischen Chemie entlehnte Gesetz, daß in den neutralen Salzen der Sauerstoff der Basis sich zu dem der Säure verhalte, wie 1 zur Atomzahl des in der Säure enthaltenen Sauerstoffs, mancherlei Schwierigkeiten. Um dieselben zu beseitigen, stellte Liebig eine ganz andere Ansicht über die Verbindungsverhältnisse organischer Säuren auf. Er faßte nämlich die zuerst von Humphry Davy gehegte Meinung über die Constitution der wasserhaltigen Säuren wieder auf, daß jede Säure bei ihrer Vereinigung mit Basen ihr Wasser nicht verliere, sondern ihren Wasserstoff zur Reduction des Oxyds hergebe, das reducirte Metall sich aber unmittelbar mit der Säure verbinde, die jenen Sauerstoff des Wassers als integrirenden Bestandtheil enthalte. Es sind danach alle wasserhaltigen Säuren Verbindungen zusammengesetzter Radicale mit Wasserstoff und ihre Salze Verbindungen der von jenem Wasserstoff freien Säure mit dem Metall.

Nach dieser Ansicht ist Salpetersäure ($\overline{N}O_5 + \overline{H}O$) $= \overline{N}O_6 + \overline{H}$ und salpetersaures Kali ($KO + \overline{N}O_5$) $= \overline{N}O_6 + K$, Schwefelsäure $= SO_4 + \overline{H}$ und schwefelsaures Silberoxyd $= SO_4 + Ag$.

Liebig nimmt nun weiter an, daß die wasserhaltigen organischen Säuren Verbindungen sauerstoffhaltiger Radicale mit 1, 2 oder 3 Äquivalenten Wasserstoff seien, welcher nicht zum Radical gehöre, beim Zusammentreffen der Säuren mit Sauerstoffbasen Wasser bilde und nun durch das reducirte Metall vertreten werde. Die Sättigungscapacität einer Säure hängt demnach nicht von ihrem Sauerstoffgehalt und ebensowenig vom Radical selbst ab, sondern nur von dem durch ein anderes Element, namentlich ein Metall, ersetzbaren Wasserstoff. Mit ihm nimmt die Sättigungscapacität einer Säure zu oder ab. Vermehren sich die Bestandtheile des Radicals, während sich jener Gehalt an ersetzbarem Wasserstoff gleich bleibt, so wird sich zwar das Atomgewicht der Säure verändern, ihre Sättigungscapacität aber unverändert bleiben.

Nach dieser Ansicht theilt Liebig die organischen Säuren, je nachdem sie 1, 2 oder 3 Atome ersetzbaren Wasserstoff enthalten, in **einbasische, zweibasische** und **dreibasische Säuren.** So ist die Weinsäure eine zweibasische Säure $= H_8C_8O_{10} + 2\,\overline{H}O$, oder $H_8C_8O_{12} + 2\,\overline{H}$, die Citronensäure eine dreibasische $= H_{10}C_{12}O_{14} + 3\overline{H}$ ɽc.

Die organischen Säuren sind theils Produkte organischer Prozesse in Pflanzen und Thieren, theils rein chemischer Prozesse, welche nach dem Tode derselben durch die Einwirkung der Luft, der Wärme und anorganischer Säuren oder Basen ꝛc. eingeleitet werden.

Die ersteren kommen entweder allgemeiner verbreitet vor, oder nur in einzelnen Theilen oder Familien derselben. Viele finden sich frei, andere an anorganische oder organische Basen gebunden.

Essigsäure.

Essigsäure. Vorkommen. Die **Essigsäure** $\bar{A}$ (Acidum aceticum) Acetylsäure $\dddot{Ac}$, $C_4H_6O_3$ ist theils frei, theils an Kali oder Kalk gebunden in vielen Pflanzensäften, immer aber nur in sehr unbedeutender Menge gefunden worden, und es steht noch in Frage, ob sie nicht auch da als ein Zersetzungsprodukt zu betrachten ist. Sie entsteht nämlich durch Zersetzung (Essiggährung) des Alkohols, verschiedener organischer Säuren, Schleim und Gummi durch Einwirkung der Luft, beim Verwesen der Dammerde an sumpfigen Stellen, durch trockene Destillation des Holzes und anderer organischer Substanzen, so wie durch Einwirkung der Mineralsäuren auf dieselben und durch Oxydation des Alkohols mittelst fein zertheilten Platins.

Darstellung. Um sie in reinem Zustande zu erhalten, sättigt man die durch trockene Destillation des Holzes, oder durch Gährung weingeisthaltiger Flüssigkeiten entstandenen Produkte mit Basen, läßt die Salze krystallisiren, reinigt sie durch mäßiges Erhitzen, oder Behandeln mit Thierkohle und destillirt von dem mit Schwefelsäure übergossenen Salze die Essigsäure ab.

Eigenschaften. Man kennt die Essigsäure nur als Hydrat. Als $\bar{A}\dot{H}$ (Eisessig, Radicalessig) bildet sie farblose blätterige Krystalle oder Tafeln, welche über + 17° C. schmelzen zur wasserhellen Flüssigkeit von 1,063 specifischem Gewicht, durchdringendem, eigenthümlichen Geruch und höchst beißendem Geschmack, sie zieht auf der Haut weiße Blasen, kocht bei + 120° C. und läßt sich unverändert destilliren, raucht schwach an feuchter Luft und zieht Wasser daraus an. Sie mischt sich in allen Verhältnissen mit Wasser, Alkohol und Äther, auch mit ätherischen Ölen und löst verschiedene Harze auf. Der durch Erhitzen erhaltene Dampf läßt sich entzünden und verbrennt mit blaßblauer Flamme zu Kohlensäure und Wasser.

Das zweite Hydrat $\bar{A}\dot{H}_3$ ist eine farblose saure Flüssigkeit von 1,078 specifischem Gewicht und kocht bei + 104° C.

Salze. Die essigsauren Salze, **Acetate**, sind auflöslich, größtentheils leicht krystallisirbar, verlieren zum Theil beim Glühen Essigsäure, meistens aber entwickeln sie eine ätherartige Flüssigkeit, Essiggeist, und ein kohlensaures Salz bleibt zurück.

Ausmittelung Man erkennt die Essigsäure an ihrem Geruch, wo sie im freien Zustande vorkommt, oder bei der Zersetzung ihrer Salze durch Übergießen mit Schwefelsäure. Quecksilberoxydulsalze scheiden aus den Salzlösungen silberglänzende Schuppen von essigsaurem Quecksilberoxydul aus. Tinte und

überhaupt Eisenoxydsalze färben sie wie die Ameisen- und Mekonsäure tief rothbraun; sie unterscheidet sich aber von der Ameisensäure, daß sie salpetersaures Silberoxyd und salpetersaures Quecksilberoxydul nicht reducirt, von der Mekonsäure, daß letztere mit Baryt- und Kalkwasser und neutralem essigsauren Bleioxyd einen in Wasser nicht, in Essigsäure aber leicht löslichen voluminösen hellgelben oder weißen Niederschlag, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul keinen krystallinischen, sondern einen käsig-flockigen Niederschlag erzeugt und beim Erhitzen in einer Glasröhre Kohle hinterläßt, während reine Essigsäure unverändert und ohne Rückstand entweicht. Die mekonsauren Alkalisalze geben mit Chlorbaryum und Chlorcalcium in Wasser unvollständig, in Essigsäure aber schnell lösliche weiße Niederschläge.

Anwendung. Die Essigsäure dient theils für sich, theils mit ätherischen Ölen versetzt als Riechmittel und bildet einen Hauptbestandtheil des Essigs. Für die Chemie ist sie ein schätzbares Auflösungsmittel, sie hat mit der Salpetersäure das gemein, daß sie mit fast allen Salzbasen auflösliche Salze bildet, wovon mehrere auch in Alkohol auflöslich sind, wodurch sie sich dann von anderen Salzen scheiden lassen, hat aber dabei den Vorzug, daß sie nicht oxydirend und auf organische Substanzen nicht zersetzend wirkt und im freien Zustande, so wie mit Ammoniak in Verbindung, sich leicht wieder verflüchtigen läßt. Sie dient daher zur Neutralisation freier und kohlensaurer Alkalien und Erden, zur Trennung der Kalk- und Bittererde von der Thonerde, nach vorhergegangenem Glühen des Gemenges, wodurch letztere in Essigsäure unauflöslich wird, zur Auflösung des Klebers und Leims, der Pflanzenbasen 2c.

Ameisensäure.

Ameisensäure. Vorkommen. Die **Ameisensäure** $\bar{F}$ (Acidum formicum) **Formylsäure** $\bar{Fo}$, $C_2 H_2 O_3$ findet sich in größter Menge in den Ameisen mit Äpfelsäure, sie spritzen dieselbe von sich, wenn man sie reizt, auch in Maikäfern (zu 0,211 %, Wittstein) und anderen Insekten, wie Musca domestica und Oniscus asellus, ferner (nach Aschoff) in den Wachholderbeeren, besonders im Wachholderbeeröl, wenn es längere Zeit mit der Luft in Berührung stand, (nach Weppen, Laurent und Anderen) nicht blos in altem Terpentinöl, sondern auch (nach Aschoff) in den Nadeln von Pinus abies und andern Pinusarten, besonders in den abgefallenen, auch in der Luft ausgesetztem Citronenöl 2c., und entsteht wahrscheinlich durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf viele andere flüchtige Öle und harzartige Stoffe. So fand Anthon an einem freiwillig in Erhitzung gerathenen Braunkohlenhaufen einen deutlichen Geruch nach Ameisensäure, welcher beim Besuch einer Grube bei Bilin so stark war, daß er die Augen zu Thränen reizte. Redtenbacher fand die Ameisensäure in einem faulenden Haufen von Kiefernreißig und Nadeln in bedeutender Menge, ohne daß er Spuren von Ameisen entdecken konnte.

Darstellung. Man erhält dieselbe wasserhaltig durch Destillation der Ameisen mit Wasser, oder durch Destillation von 1 Theil Zucker (Milchzucker, Stärke

oder Weinsäure) gelöst in 2 Theilen Wasser mit 3 Theilen fein geriebenem Braunstein und 3 Theilen Schwefelsäure, welche mit gleichen Theilen Wasser verdünnt wurden, es entwickelt sich Aldehyd- und kohlensaures Gas und wässerige Ameisensäure geht über, welche man mit kohlensaurem Natron neutralisirt; man dampft hierauf zur Trockene ab und destillirt das trockene ameisensaure Natron mit 71% seines Gewichts Schwefelsäure, die mit Wasser verdünnt wird. Das erste Hydrat $\bar{Fo}\dot{H}$ (= 20% Wasser) erhält man durch Zersetzung von trockenem ameisensauren Blei, welches man in einer Glasröhre erwärmt mittelst darüber geleiteten trockenen Schwefelwasserstoffgases.

Eigenschaften. Das erste Hydrat $\bar{Fo}\dot{H}$ ist eine farblose, wasserhelle, schwach rauchende Flüssigkeit, welche aus der Luft Wasser anzieht, von höchst durchdringendem Geruch und 1,235 specifischem Gewicht, welche bei 0° in breiten glänzenden Blättern krystallisirt und bei 100° C. siedet. Der Dampf läßt sich entzünden und brennt mit blauer Flamme. Sie läßt sich mit Wasser und Alkohol in jedem Verhältnisse verdünnen, röthet Lackmus und wird durch concentrirte Schwefelsäure in Wasser und Kohlenoxyd zerlegt.

Setzt man ihr so viel Wasser zu, als sie schon enthält (20%), so erhält man das zweite Hydrat $\bar{Fo}r\,H_2$, welches bei — 15° C. noch nicht erstarrt, bei 106° siedet und ein specifisches Gewicht von 1,110, sonst aber die nämlichen Eigenschaften wie das erste Hydrat hat.

Salze. Die Ameisensäure übertrifft in ihrer Verwandtschaft zu den Metalloxyden die Essigsäure. Man erhält die ameisensauren Salze oder **Formiate** durch Sättigung der entsprechenden Basen mit Ameisensäure. Sie sind sämmtlich in Wasser und, bis auf das Bleioxydsalz, auch in Weingeist löslich. Die alkalischen zersetzen sich in der Wärme unter Schwärzung und Entwickelung brennbarer Gase in kohlensaure Salze, die übrigen hinterlassen unter Entwickelung von Kohlensäure, Kohlenwasserstoff und Wasser ein Gemenge von Kohle mit Metalloxyd oder reines Metall. Elektronegative Metalle werden in ihrer Auflösung durch die ameisensauren Salze reducirt, indem sich die Ameisensäure in Kohlensäure verwandelt.

Ausmittelung. Man erkennt die Ameisensäure im freien Zustande oder beim Übergießen ihrer Salze mit concentrirter Schwefelsäure an ihrem eigenthümlichen Geruch und an der Reduction von Silber- und Quecksilbersalzen, wenn man sie damit erwärmt. (Vgl. auch Essigsäure).

Anwendung. Die medicinische Wirksamkeit der Ameisensäure bei ihrer Anwendung zu Bädern und des Ameisenspiritus zu Einreibungen, macht besonders die große Holzameise (Formica rufa), abgesehen von der Benutzung ihrer Puppen, der sogenannten Ameiseneier, als gesuchtes Nachtigallenfutter, zu einem nicht ganz unwichtigen Gegenstand der Forstbenutzung, da der aus künstlich dargestellter Ameisensäure bereitete Ameisenspiritus den aus Ameisen bereiteten nicht wohl ersetzen kann, weil ersterer nicht blos des flüchtigen Öls der Ameisen entbehrt, sondern auch einen fremdartigen Nebengeruch

besitzt, indem er neben Ameisensäure auch noch andere Produkte (brenzlige Weinsteinsäure?) enthält.

Oxalsäure.

Die **Oxalsäure**, Sauerkleesäure oder Kleesäure Ö oder $\dddot{C}$ (Acidum oxalicum), kommt in freiem Zustande nur selten in Pflanzensäften vor, namentlich denen der Crassulaceen, Ficoideen, Cacteen etc., in den Haaren der Kichererbse (Cicer arietinum), woraus sie nach und nach heraussickert, wenn die Spitzen derselben abgeschnitten worden sind. Gewöhnlich kommt sie als Salz vor, mit Eisenoxyd im Mineralreiche als Oxalit oder Eisenresin in der Moorkohle, als saures Kalisalz in sehr vielen Pflanzen, besonders reichlich in den Gattungen Oxalis und Rumex, als Natronsalz in den Sodapflanzen, als neutrales Kalksalz in verschiedenen Wurzeln, wie Rhabarber, Tormentill, Bistorta, Gentiana, Saponaria, Rumexarten, in verschiedenen Rinden und krustenartigen Flechten, in Pilzen etc. Der kleesaure Kalk ist ferner ein Bestandtheil von thierischen Blasensteinen.

Oxalsäure. Vorkommen.

Man erhält die Oxalsäure aus doppeltoxalsaurem Kali (Sauerkleesalz) durch Neutralisiren desselben mit kohlensaurem Kali, Fällen durch essigsaures Bleioxyd, Zersetzen des wohl ausgewaschenen und getrockneten oxalsauren Bleioxyds mit $^1/_3$ seines Gewichts Schwefelsäure, die man mit 10 Theilen Wasser verdünnt, Abdampfen und Krystallisiren. Ferner erhält man die Säure durch Kochen von 1 Th. bei 100° C. getrocknetem Zucker mit 8,25 Salpetersäure von 1,38 specifischem Gewicht, Abdampfen und Krystallisiren (58—60% Oxalsäure vom Gewichte des angewendeten Zuckers). Gewöhnlich erhält man die Oxalsäure auf letztere Weise als Nebenprodukt bei der Fabrikation der englischen Schwefelsäure, indem man die dabei entwickelte salpetrige Säure zur Oxydation der schwefligen Säure benutzt. Frei von Salpetersäure wird sie jedoch auf diesem Wege nur, wenn man sie an einem mäßig warmen Orte verwittern läßt, wieder in Wasser auflöst und krystallisirt.

Darstellung.

Die Oxalsäure krystallisirt mit 3 Atomen (42%) Wasser in farblosen schiefen rhombischen Säulen, welche in trockener Luft unter Zerfallen 2 Atome Wasser verlieren, das dritte Atom aber erst durch Verbindung mit Basen. Sie löst sich in 8 Theilen kaltem und 1 Theil kochendem Wasser und 4 Th. Weingeist, schmeckt stark sauer, hat aber keinen Geruch, röthet Lackmus und wirkt in größeren Quantitäten giftig. Bei 98° C. schmilzt sie, sublimirt sich bei stärkerer Hitze in offenen Gefäßen als $\dddot{C}\dot{H}$ in spießigen Krystallen, bei raschem Erhitzen wird sie bei + 155° C. unter Kochen in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasser und Ameisensäure zersetzt. Mit rauchender Schwefelsäure erwärmt, liefert sie Kohlensäure und Kohlenoxydgas ohne Abscheidung von Kohle. Von Salpetersäure von 1,38 wird sie im reinen Zustande auch beim Kochen nicht zersetzt. Stärkere Salpetersäure zerlegt sie in Kohlensäure und Wasser unter Bildung von salpetriger Säure.

Eigenschaften.

Salze. Sie bildet mit den Basen Neutralsalze, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure verhält, wie 1 : 3 und saure = 1 : 6 und 1 : 12. Diese sauerkleesauren Salze, **Oxalate** der Alkalien, sind in Wasser löslich, alle übrigen nicht oder schwer löslich, vorzüglich das Kalksalz. Die oxalsauern Salze zeichnen sich dadurch aus, daß sie beim Erhitzen nicht verkohlen. Die Salze der leicht reducirbaren Oxyde liefern beim Erhitzen Kohlensäure und regulinisches (freies) Metall, die der schwer reducirbaren werden unter Entwickelung von Kohlenoxyd in kohlensaure Salze verwandelt.

Ausmittelung Die Oxalsäure läßt sich leicht als solche erkennen, da sie sowohl im freien, als gebundenen Zustand aus ihren Lösungen von Gypsauflösung gefällt wird, welche keine der übrigen Säuren (mit Ausnahme der Traubensäure und diese erst nach langem Stehen) trübt. Der Niederschlag unterscheidet sich von kohlensaurem und traubensaurem Kalk durch seine Unlöslichkeit in Essigsäure. Auf Platinblech erhitzt, schmilzt die Oxalsäure anfangs in ihrem Krystallwasser und verflüchtigt sich dann ohne alle Verkohlung.

Anwendung. Man braucht die Oxalsäure in der Chemie als Reagens auf Kalk, den sie noch bei 100,000facher Verdünnung durch eine weiße Trübung anzeigt. Besser eignen sich übrigens hierzu, wegen der Auflöslichkeit des Kalks in freien Mineralsäuren, das oxalsaure Ammoniak, oder statt dessen, wegen seiner Wohlfeilheit, das doppeltoxalsaure Kali oder Sauerkleesalz, welches man entweder wie das erste durch Neutralisation des kohlensauren Alkalis mit Oxalsäure oder aus dem Sauerklee erhält, durch Klären des Saftes, indem man ihn mit Blut aufkocht (welches bei seinem Gerinnen die Unreinigkeiten mit niederreißt) und Abdampfen zur Krystallisation. Man benutzt sie oder die erwähnten Salze ferner zur Scheidung des Kalks von Magnesia, indem letztere aus einer mit Chlorammonium zersetzten Auflösung nicht, der Kalk dagegen vollständig gefällt wird. Die Oxalsäure dient ferner zur Unterscheidung der Goldsalze von den Platinsalzen, da nur erstere, nicht aber letztere davon reducirt und gefällt werden ꝛc. Auch in der Kattundruckerei findet sie Anwendung.

Weinsteinsäure.

Weinsteinsäure. Vorkommen. Die **Weinsteinsäure** oder Weinsäure T (Acidum tartaricum), Tartrylsäure $\ddot{T}$, $C_8H_8O_{10}$ kommt theils frei, theils als saures Kali- oder neutrales Kalksalz vorzüglich in säuerlichen Fruchtsäften vor. Ersteres besonders im Safte der Trauben, woraus es sich bei der Gährung (durch die Bildung von Weingeist) als krystallisirte Incrustirung der Fässer (Weinstein) absetzt, ferner in den Maulbeeren, im Sauerampfer, in den Wurzeln von Triticum repens, Leontodon taraxacum, in den Kartoffeln ꝛc., der weinsaure Kalk besonders in der Krappwurzel, in den Knollen des Helianthus tuberosus, in den Früchten des Sanddorns (Hippophaë rhamnoides).

Man erhält die Weinsteinsäure, wenn man gereinigten Weinstein ($\dot{K}\bar{T}_2$) in siedendem Wasser auflöst und so lange gepulverte Kreide zusetzt, als noch Aufbrausen erfolgt, wobei neutrales weinsaures Kali in Auflösung bleibt und neutraler weinsaurer Kalk niederfällt ($\dot{K}\bar{T}_2\ \dot{C}a\ddot{C} = \dot{K}\bar{T}\ \dot{C}a\bar{T}$), filtrirt, die durchgegangene Flüssigkeit durch Chlorcalcium zersetzt ($\dot{K}\bar{T}\ CaCl = KCl\ \dot{C}a\bar{T}$), die erhaltene weinsaure Kalkerde mit der bei der ersten Operation erhaltenen gereinigt und durch 52% vom Gewichte des angewendeten Weinsteins mit 4 Theilen Wasser verdünnter Schwefelsäure zersetzt. Man filtrirt dann nach längerer Digestion die schwefelsaure Kalkerde ab und verdampft zur Krystallisation. Über ihre Entstehung bei der Einwirkung von Kali auf Faserstoff vgl. das chemische Verhalten der Schießbaumwolle. Darstellung.

Die Weinsteinsäure bildet große, farblose, schiefe rhombische Säulen von stark saurem Geschmack, welche Lackmus röthen und 2 At. Wasser (12%) enthalten, die ganz oder theilweise durch eine oder zwei Basen ersetzt werden können, löst sich in 1½ kaltem und ½ Th. siedendem Wasser, auch in Alkohol auf. Sie schmilzt bei etwa + 120 C. zu einem klaren Syrup, der beim Erkalten zur glasartigen, sehr zerfließlichen Masse, **Tartralsäure** ($C_{12}H_{12}O_{15} + 2\dot{H}$) erstarrt, verwandelt sich bei höherer Temperatur in weniger zerfließliche **Tartrelsäure** ($C_{16}H_{16}O_{20} + 2\dot{H}$) und bei + 180° C. in kaum lösliche wasserfreie Weinsäure. Alle diese Säuren gehen in Berührung mit Wasser allmälig wieder in gewöhnliche Weinsäure über. Bis über 200° C. erhitzt verwandelt sich die Weinsäure unter Bildung von Kohlensäure und Wasser in flüchtige, flüssige **Brenztraubensäure** und feste **Brenzweinsäure.** Mäßig erwärmte Schwefelsäure verwandelt die Weinsäure gleichfalls in Tartral- und Tartrelsäure, Salpetersäure in Oxalsäure. Wässerige Lösungen schimmeln selbst unter Luftabschluß und verwandeln sich allmälig in Essigsäure. Eigenschaften.

Die weinsteinsauren Salze, **Tartrate**, sind meistens in Wasser unauflöslich, nur die der Alkalien sind löslich und von diesen braucht das Kalisalz 184 Theile Wasser von 20° C. und 18 Th. siedendes, das Natronsalz aber nur 9 Th. kaltes und 1,8 kochendes, das Ammoniaksalz 2 Th. kaltes und fast sein gleiches Gewicht kochendes Wasser. Die unlöslichen Salze sind häufig in Essigsäure, Weinsteinsäure und weinsteinsauren Alkalien, sämmtlich in Salpeter- oder Salzsäure löslich. Die Auflösungen derselben werden bald zersetzt, oft unter Bildung von kohlensauren Salzen. Salze.

Man erkennt die Weinsteinsäure und ihre Salze auf trockenem Wege leicht an dem charakteristischen Geruche, welchen sie bei der Zerstörung in höherer Temperatur ausstoßen. Auf nassem Wege ist Kali oder ein auflösliches Salz desselben das beste Reagens auf Weinsäure (weil es damit vermöge der Schwerlöslichkeit des doppeltweinsauren Kali einen krystallinischen Niederschlag bildet), wenn man eine kleine Menge davon der nicht Ausmittelung

zu sehr verdünnten Weinsteinsäure zusetzt. Setzt man aber reines oder kohlensaures Kali in größerer Menge zu, so entsteht leicht (in seinem gleichen Gewichte Wasser) lösliches neutrales Kalitartrat und daher keine Reaction, man wendet deshalb besser Chlorkalium oder schwefelsaures Kali dazu an. Bei sehr kleinen Mengen entsteht der Niederschlag oft erst nach 10—15 Minuten, bei 150facher Verdünnung nach einigen Stunden und nimmt 2 Tage lang zu. Die Abscheidung desselben wird durch Schütteln oder Umrühren, auch durch Zusatz von etwas Weingeist beschleunigt. Kalksalzen in Überschuß zugesetzt, gibt sie keinen Niederschlag, weil nur das neutrale Kalksalz unlöslich, das saure aber leicht löslich ist. Die Weinsteinsäure unterscheidet sich außerdem noch von der Oxalsäure, daß sie weder für sich, noch als Salz die Auflösung des schwefelsauren Kalks trübt und der Niederschlag, welchen sie in Kalkwasser hervorbringt, in Essigsäure leicht löslich ist, ferner daß sie sich beim Erhitzen sowohl, als durch concentrirte Schwefelsäure schwärzt.

Anwendung. Man benutzt die Weinsteinsäure als Reagens auf Kali und dessen Salze, als Ätzbeize in der Kattundruckerei, zur Bereitung von Limonade, Brausepulver 2c. Noch häufigere Anwendung finden ihre Salze, namentlich der Weinstein.

Traubensäure. Die **Traubensäure** oder Paraweinsäure $\bar{U}$ (Acidum uvicum), welche bis jetzt nur im Weinstein saurer Weine gefunden wurde, ist mit der Weinsäure isomer, hat übrigens auch sowohl im freien Zustande, als in ihren Salzen solche Ähnlichkeit mit der Weinsäure, daß sie nur darin von derselben abweicht, daß sie ($\bar{U} + 2\dot{H}$) unter Verlust eines Atoms Wasser oberflächlich an sehr trockener Luft verwittert und sich nicht wie Weinsäure in $1^1/_2$, sondern erst in 5,7 Theilen Wasser von 15° C. auflöst. Sie fällt eine verdünnte Chlorcalcium- oder eine gesättigte Gypslösung augenblicklich weiß, während dieselben von Weinsäure unverändert bleiben. Durch vorsichtiges Schmelzen im Ölbade verwandelt sie sich in Weinsäure. Sie kann wie diese benutzt werden.

Citronensäure.

Citronensäure. Vorkommen. Die **Citronensäure** $\bar{C}$ (Acidum citricum), $C_{12}H_{10}O_{11}$, kommt größtentheils frei vor im Safte von Citrus medica und Aurantium, Prunus Padus und Cerasus, Vaccinium Vitis idaea, Myrtillus und Oxycoccos, Rosa canina, Solanum dulcamara, Ribes Grossularia und rubrum, Crategus Aria, Fragaria vesca, Rubus idaeus, fruticosus und Chamaemorus, Capsicum annuum, Asarum europaeum, Helianthus tuberosus, Allium Cepa, Isatis tinctoria etc.

Darstellung. Man stellt die Citronensäure dar durch Klären des ausgepreßten Citronen- oder Johannisbeersaftes mit Eiweiß, Sättigen mit Kreide und Zerlegen des citronensauren Kalks durch Schwefelsäure. Über ihre Entstehung bei der Einwirkung des Kalis auf Faserstoff vgl. das chemische Verhalten der Schießbaumwolle.

Sie bildet mit 5 At. Wasser große farblose, regelmäßige, durchsichtige rhombische, durch 4 Flächen zugespitzte Prismen von sehr saurem, aber angenehmem Geschmack, welche bei + 50° C. unter Verlust von 2 At. Wasser verwittern. Die übrigen drei Atome können ganz, oder theilweise durch Basen verdrängt werden. Eine bei + 100° C. gesättigte Auflösung von Citronensäure setzt zuerst Krystalle von $\bar{Ci} + 3\dot{H}$ ab; sie können geschmolzen und bis + 100° C. erhitzt werden, ohne ihre Mischung zu verändern, oder Wasser zu verlieren. — Eigenschaften.

Sie löst sich in ¾ Th. kaltem und ½ heißem Wasser, weniger in Alkohol, leicht in Äther auf. Salpetersäure zersetzt sie in Oxalsäure, Essigsäure und Kohlensäure; Schwefelsäure in Essigsäure und Kohlenoxydgas; die wässerige Auflösung verwandelt sich unter Schimmeln auch bei Luftabschluß in Essigsäure. Wird sie so lange geschmolzen, bis sie gelblich wird, so enthält sie **Aconitsäure** oder **Equisetsäure** $C_4H_2O_3$, welche schon fertig vorkommt im Aconitum Napellus und Equisetum fluviatile und sich nach dem Sättigen mit kohlensaurem Natron, Abdampfen und Ausziehen mit Alkohol von 0,83 als aconitsaures Natron von der Citronensäure trennen läßt. Durch stärkeres Erhitzen erhält man noch zwei andere Säuren.

Von den citronensauren Salzen, **Citraten**, welche theils neutral, theils basisch sind, lösen sich die alkalischen leicht auf, die übrigen meist in Wasser nicht, viele aber in Essigsäure, Citronensäure und alkalischen Citraten, alle in Salpetersäure. Sie sind meistens nicht krystallisirbar und erleiden in Auflösung eine Zersetzung. Alle verkohlen beim Erhitzen. — Salze.

Die Citronensäure unterscheidet sich von den übrigen organischen Säuren dadurch, daß der Niederschlag von citronensaurem Bleioxyd, welchen sie mit essigsaurem Bleioxyd bildet, in Ammoniak auflöslich ist und die Auflösung eines neutralen Citrates eine Chlorcalciumauflösung nicht eher trübt, als bis die Flüssigkeit auf 100° C. erhitzt worden ist. — Ausmittelung

Sie wird, wie die Weinsteinsäure, zu kühlenden Getränken, Limonadepulver, zur Darstellung einiger Salze in der Medicin, Kochkunst, Färberei und Kattundruckerei benutzt. — Anwendung.

Äpfelsäure.

Die **Äpfelsäure** $\bar{M}$ (Acidum malicum) $C_8H_8O_8$ ist eine der im Pflanzenreiche am meisten verbreiteten Säuren und kommt theils frei, theils an Kali oder Kalk gebunden, theils allein, theils mit Citronen-, Weinstein- und Oxalsäure zusammen vor, und zwar frei in vielen sauer oder säuerlich schmeckenden Früchten und Pflanzensäften, namentlich in sauren Äpfeln, Schlehen, Berberisbeeren, Vogel-, Flieder-, Johannis-, Stachel-, Erd-, Him-, Heidel-, Brom-, Preußel- und Moosbeeren, in den Beeren verschiedener Solanumarten, in den Kirschen und Pflaumen, in den Deckblättern der Haselnüsse, in der Calendula officinalis; an Kali und Kalk gebunden, besonders im Hauslauch, Portulak rc. — Äpfelsäure. Vorkommen.

Darstellung. Man erhält die Äpfelsäure am leichtesten aus dem geklärten Safte der Vogelbeeren (Sorbus aucuparia) durch Fällen mit essigsaurem Bleioxyd und allmäliges Eintragen des Niederschlags in siedendes Wasser; man filtrirt kochend, es setzen sich dann beim Erkalten mattweiße, fettglänzende Schuppen von äpfelsaurem Bleioxyd ab, man zersetzt dasselbe durch Schwefelwasserstoff, sättigt die Hälfte der Flüssigkeit mit Ammoniak und setzt dann die andere Hälfte zu, um ein saures Ammoniaksalz zu bilden, das man durch wiederholte Krystallisation reinigt, wieder durch essigsaures Bleioxyd zersetzt und das entstandene äpfelsaure Bleioxyd durch Schwefelwasserstoff zur Krystallisation abdampft.

Eigenschaften. Die Äpfelsäure krystallisirt in Körnchen oder blumenkohlartig gruppirten Blättchen mit 2 At. Wasser, zerfließt an der Luft, schmeckt stark sauer, ist geruchlos, löst sich leicht in Wasser und Alkohol und röthet stark die Lackmusfarbe. Die wässerige Lösung zersetzt sich unter Schleim- und Schimmelbildung. Durch Salpetersäure wird sie in Oxalsäure verwandelt, Schwefelsäurehydrat zersetzt sie unter Entwickelung von brennbarem Gas und einer stechend sauren Flüssigkeit. Längere Zeit einer Temperatur von 130—140° C. ausgesetzt, schmilzt sie zuerst, nach einiger Zeit bilden sich aber kleine Krystallblättchen in der Flüssigkeit, welche allmälig so zunehmen, daß ein krystallinischer Brei oder eine trockene Masse übrig bleibt, aus welcher kaltes Wasser Äpfelsäure auszieht, die wieder so behandelt werden kann. Der schwerlösliche Rückstand ist **Fumarsäure** $C_4H_2O_3 + \dot{H}$, welche schon fertig vorkommt im Erdrauch (Fumaria officinalis) und im isländischen Moos (Cetraria islandica), in 200 Theilen kaltem Wasser löslich und bei + 300° C. flüchtig ist, von Salpetersäure zersetzt wird und beim Erhitzen in Wasser und **Maleïnsäure** $C_4H_2O_3$ zerfällt, welche mit Aconitsäure isomer ist.

Salze. Die Äpfelsäure bildet mit den Basen neutrale und saure Salze, **Malate**, welche meist in Wasser auflöslich und häufig unkrystallisirbar sind. Die schwer auflöslichen sind in freier Äpfelsäure löslich. Die neutralen sind meist in Alkohol unauflöslich und werden daher davon aus der wässerigen Lösung gefällt. Die wässerige Lösung zersetzt sich bald, und zwischen + 250 bis 300° C. verwandeln sich alle Alkalien und alkalischen Erdsalze in fumarsaure Salze.

Ausmittelung. Die Äpfelsäure wird, wie die Citronensäure, von Kalkwasser nicht präcipitirt, unterscheidet sich aber von dieser, daß sie auch in der Siedhitze nicht davon gefällt wird, während Citronensäure mit überschüssigem Kalkwasser gekocht, einen deutlichen Niederschlag gibt. Vor allen übrigen organischen Säuren zeichnet sie sich aber dadurch aus, daß ihr Bleisalz in warmem Wasser zur fadenziehenden Masse schmilzt und sich in kochendem auflöst; auch bläht sich die unreine Säure und ihre Salze auffallend beim Erhitzen auf unter Zurücklassung einer voluminösen Kohle.

Anwendung. Die Äpfelsäure findet außer der medicinischen Anwendung eines Eisensalzes keine technische Benutzung.

Bernsteinsäure.

Die **Bernsteinsäure** $\bar{S}$ (Acidum succinicum) $C_4H_2O_3$, Succinylsäure $\bar{S}c$ findet sich im Bernstein, im französischen und venetianischen Terpentin in geringer Menge, auch in der Braunkohle von Muskau, in sehr kleiner Menge (2 Gran in 100 Pfund) im Wermuth, mehr (28 Gran in 100 Pfd.) in der Lactuca virosa und (122 Gran in 100 Pfd.) in der Lactuca sativa, auch in den Kartoffeln. Sie entsteht durch Oxydation von Talg- und Margarinsäure, Bienenwachs, japanischem Wachs, Walrath und wahrscheinlich aller Fettarten mittelst Salpetersäure. — Bernsteinsäure. Vorkommen.

Man erhält die Bernsteinsäure durch trockene Destillation des Bernsteins, besonders unter Zusatz von Schwefelsäure (2 Loth aus 1 Pfund), Absonderung der Flüssigkeit von den öligen Theilen durch ein zuvor befeuchtetes Filter, Entfärbung der ersteren durch Thierkohle und Abdampfen zur Krystallisation. — Darstellung.

Das Bernsteinsäurehydrat $\bar{S}\dot{H}$ krystallisirt in geruch- und farblosen Blättern oder Tafeln, oder in dreiseitigen oder rechtwinkeligen Prismen mit aufgesetzten Oktaëderflächen. Es hat einen sauren Geschmack, löst sich in 5 Theilen kaltem und 2 Theilen kochendem Wasser, auch in Äther und Alkohol, schmilzt in der Hitze und sublimirt, ohne einen Rückstand zu lassen, bei + 140° C. unter Wasserverlust als $\bar{S}_2\dot{H}$; wenn es so lange destillirt wird, bis sich im Retortenhals kein Wasser mehr verdichtet, so erhält man es wasserfrei. Die Bernsteinsäure wird weder durch Schwefel-, noch durch Salpetersäure verändert. — Eigenschaften.

Von den bernsteinsauren Salzen, **Succinaten**, sind viele in Wasser unauflöslich. Auflöslich sind die der Alkalien, des Kalks, der Magnesia, des Mangans und des Zinkoxyds. Die unauflöslichen werden gewöhnlich durch heißes Wasser in saure auflösliche und in basische unauflösliche verwandelt. Von Essigsäure werden viele, von Mineralsäuren alle und leicht aufgelöst. — Salze.

Man erkennt die nicht völlig von brenzlichem Bernsteinöl freie Säure leicht an ihrem Geruch, die reine aber sowohl, als die unreine, daran, daß sie neutrale Eisenoxydsalze rothbraun fällt, während Benzoësäure dieselben bräunlichweiß niederschlägt. Der Präcipitat ist in vieler Bernsteinsäure wenig, in Essigsäure ziemlich leicht, in Salzsäure noch leichter löslich. Sie unterscheidet sich ferner von der Benzoësäure durch ihre Leichtlöslichkeit und dadurch, daß sie in concentrirter Lösung von Chlorbaryum einen schwachen Niederschlag gibt, die Benzoësäure aber keinen. Vgl. auch Benzoësäure S. 288. — Ausmittelung

Die Bernsteinsäure wird in der Medicin angewendet, in der Chemie dient sie zur Scheidung der Eisensalze von Mangansalzen, indem erstere von bernsteinsaurem Ammoniak aus neutralen Lösungen gefällt werden, während letztere gelöst bleiben. — Anwendung.

Benzoësäure.

Benzoësäure. Vorkommen.

Die Benzoësäure $\bar{B}$ (Acidum benzoicum) $C_{14}H_{10}O_3$, **Benzoylsäure** $\bar{B}$ kommt, gewöhnlich von einem wohlriechenden flüchtigen Öl begleitet, vor im Benzoëharz (bis 18,5%) und in vielen anderen Harzen, Balsamen und Gewürzen, wie Drachenblut, Myrrhe, Zimmt, Cassia, Zimmtblüten, Gewürznelken, Mutternelken, Vanille, Majorankraut, Anis, Kalmus- und Alantwurzel. Die im flüssigen Storax, wie im Peru- und Tolubalsam vorkommende Säure, ist nach Simon nicht, wie nach der früheren Annahme, Benzoë-, sondern Zimmtsäure[1]) und die angebliche Benzoësäure in Melilotus officinalis, Anthoxanthum odoratum und wahrscheinlich auch in Holcus odoratus und andern wohlriechenden Gräsern hat sich später als eine Art Campher (Cumarin) erwiesen.

Sie bildet sich bei der freiwilligen Oxydation des Bittermandelöls an der Luft, bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Anis-, Fenchel- und Zimmtöl und bei der trockenen Destillation des Talgs.

Darstellung.

Man erhält sie, wenn man weingeistige Benzoëharzauflösung durch wässerige mit Alkohol versetzte Auflösung von kohlensaurem Natron neutralisirt, den Weingeist abdestillirt, die Lösung des benzoësauren Natrons vom ausgeschiedenen Harze abgießt, die Benzoësäure durch Schwefelsäure daraus fällt und sie dann sublimirt.

Eigenschaften.

Sie bildet weiße, perlmutterglänzende Blättchen und Nadeln ($\bar{B}\dot{H}$), riecht gewöhnlich von anhängendem flüchtigen Öl nach Benzoëharz, im vollkommen reinen Zustande ist sie geruchlos, sie besitzt einen schwachsäuerlichen, stechenden und lange anhaltenden Geschmack, röthet schwach Lackmus, schmilzt bei + 120° C. und läßt sich bei + 239° unverändert sublimiren; ihr Dampf erregt Husten und Thränen. Sie löst sich in 200 kaltem und 25 kochendem Wasser, in 1,8 kaltem und weniger als gleichen Theilen kochendem Alkohol, auch in Äther, ätherischen und fetten Ölen. Sie wird durch Kochen mit verdünnter Salpetersäure und durch Chlor nicht verändert, durch rauchende Salpetersäure dagegen in eine harzähnliche Masse von gelber Farbe und bitterem Geschmack verwandelt. Von concentrirter Schwefelsäure wird sie aufgelöst und durch Wasser wieder daraus gefällt.

Liebig betrachtet das Radical der Benzoësäure (Benzoyl) als $C_{14}H_{10}O_2$. Es ist zwar noch nicht gelungen, dieses Benzoyl für sich darzustellen, wohl aber dessen Sauerstoff durch Wasserstoff, Schwefel oder ein Haloid zu ersetzen. Der Benzoylwasserstoff ist das Bittermandelöl, welches man auch durch Destillation aus bittern Mandeln erhält.

Salze.

Die benzoësauren Salze, **Benzoate** sind nur zum Theil in Wasser auflöslich. Die unauflöslichen Metalloxydsalze werden häufig durch

1) Diese unterscheidet sich von der Benzoësäure leicht, daß sie sich aus der Lösung in concentrirter Salpetersäure, welche nach Bittermandelöl riecht, durch Wasser nicht so vollständig ausfällen läßt wie Benzoësäure und daß sie bei der Destillation mit Salpetersäure Bittermandelöl bildet.

heißes Wasser in saure auflösliche und basische unauflösliche zersetzt. Die Auflösungen werden durch die meisten anderen Säuren, unter Abscheidung der Benzoësäure zersetzt. Dasselbe geschieht bei den unlöslichen Salzen, wenn das Metalloxyd mit der zugesetzten Säure ein lösliches Salz bildet.

Ausmittelung.

Man erkennt sie im unreinen Zustande an dem benzoëharzähnlichen Geruch, welchen aber auch die reine Säure bei gelindem Erwärmen entwickelt. Eisenoxydsalzlösungen, welche mit so viel Ammoniak versetzt wurden, daß sie ihre saure Reaction verlieren, ohne einen Niederschlag zu bilden, geben mit benzoësauren Alkalien einen bräunlichweißen Niederschlag, während der auf dieselbe Weise mit bernsteinsauren Alkalien erhaltene Niederschlag eine rothbraune Farbe besitzt. Bei Überschuß von Ammoniak wird er indessen braungelb. Nur der letztere ist in Wasser ganz unlöslich, während sich der weißliche beim Waschen, namentlich mit heißem Wasser zersetzt in ein saures lösliches und in das braungelbe unlösliche, basische Salz. Sie unterscheidet sich von der Bernsteinsäure vorzüglich dadurch, daß sich der Eisenniederschlag der ersten in Salzsäure ohne Rückstand, der der Benzoësäure aber mit Hinterlassung eines weißen Niederschlags (der in Wasser schwerlöslichen freien Benzoësäure) auflöst.

Anwendung.

Man benutzt bisweilen das benzoësaure Ammoniak oder Natron zur Scheidung des Eisenoxyds von Mangan, Nickel und Zink, welche letztere von benzoësauren Alkalien nicht gefällt werden, doch darf keine Thonerde oder andere Erden vorhanden sein, weil diese mit Benzoësäure ähnlich dem Eisenoxyd sehr schwerlösliche Salze bilden.

Gerbsäure.

Gerbsäure. Vorkommen.

Die **Gerbsäure**, früher Gerbstoff, Tannin genannt (Acidum tannicum), kommt vor in der Rinde, in den Zweigen und Blättern der meisten Bäume, besonders reichlich und sehr rein in den durch den Stich mancher Insekten entstehenden krankhaften Auswüchsen der Blätter und Blattstiele (wie die Galläpfel), im Holze der Sträucher und Stämme, in perennirenden Wurzeln einjähriger Pflanzen, in den Schalen der Früchte und Samen, in den Scheidewänden der ersteren, in den Hülsen der Hülsenfrüchte und der rothen Weintrauben, in mehreren fleischigen und in unreifen Früchten ꝛc. in verschiedener Menge je nach dem Alter — junge Pflanzen und Pflanzentheile enthalten mehr als alte —, nach dem Boden, nach der Jahreszeit — zur Zeit des Laubausbruches am meisten, im Winter am wenigsten —, auch in kalten Frühjahren weniger, als in warmen. Die innere Lage der Rinden enthält die größte Menge Gerbsäure.

Über die Menge der in den verschiedenen Pflanzentheilen enthaltenen Gerbsäure haben Higgins und Davy Versuche angestellt, allein auch die vom Letzteren gemachten Angaben sind nicht als genau zu betrachten, weil man zur Zeit, wo die Versuche angestellt wurden, die Gerbsäure nach der Menge eines mit Leimauflösung erhaltenen Niederschlags bestimmte. Nach Davy enthalten folgende Pflanzentheile die beistehenden Procente an Gerbstoff und Extraktivstoff:

	Gerbstoff	Extrakt
Ganze Birkenrinde	1,66	—
„ Lerchenrinde, im Herbst geschält	1,66	—
„ Roßkastanienrinde	1,67	—
„ Buchenrinde	2,08	—
„ Weidenrinde	2,28	—
„ Ahornrinde (Pseudoplatanus)	2,28	—
„ Ulmenrinde	2,70	—
„ Haselrinde	2,91	—
„ Italienische Pappelrinde	3,125	—
„ Espenrinde (Zitterpappel)	3,33	—
„ Schwarzdornrinde	3,33	—
„ Kastanienrinde	4,37	11,04
„ Eichenrinde, im Herbst geschält	4,37	—
„ „ „ Frühjahr „	6,04	12,7
„ Leicester-Weidenrinde, von großem Wuchs	6,87	14,8
Mittlere gefärbte Rinde vom edlen Kastanienbaum	2,916	8,54
„ „ „ der Leicester-Weide	3,33	7,08
„ „ „ von Eichen	3,95	8,96
Innere weiße Rinde vom edlen Kastanienbaum	13,12	18,54
„ „ „ von alten Eichen	15	22,5
„ „ „ „ jungen „	16	23,12
„ „ „ der Leicester-Weide	16,459	24,37
Grüner Thee	8,54	—
Souchongthee	10,0	—
Sicilianischer Sumach	16,25	34,37
Malagischer Sumach	16,47	33,5
Galläpfel	26,45	37,5
Tormentillwurzel nach Sprengel	34,0	—
Catechu von Bengalen	48,12	—
„ „ Bombay	54,37	—

Müller erhielt nach dem von ihm ausgemittelten, unten angegebenen Verfahren, die Gerbsäure zu bestimmen, folgende Resultate [1]), wobei die nach seiner Methode erhaltenen Procente mit a und die nach der älteren mittelst Leimauflösung erhaltenen mit b bezeichnet sind:

	a	b
Fichtenrinde eines 80′ hohen Stammes von Sandboden	2,75	2,66
Weidenrinde 30jähriger Stämme	3,08	3
Weidenrinde 1jähriger Zweige	3,6	3,55
Tannenrinde 1jähriger Zweige einer alten Tanne auf Thonmergelboden	4,25	4
Eichenrinde einer 80—100jährigen Eiche	4,49	—

1) Archiv d. Pharm. 38. S. 121—152 u. 266—280; pharm. Centralbl. 1844. S. 651.

	a	b
Fichtenrinde 2jähriger Zweige	5	4,91
Eichenrinde 1jähriger Zweige einer alten Eiche	5,73	5,58
Tannenrinde eines 30′ hohen Stammes auf Marschboden	6	5,83
Eichenrinde von 2 — 3jährigen Stämmen	11	10,5.

Verschwindend gering ist der Gerbstoffgehalt in der Eschenrinde und den schotenfrüchtigen Hölzern, wie Robinia, Caragana 2c. Die Kiefer- und Lerchenbaumzapfen enthalten nach den Beobachtungen des Gerber Corniquel in Vannes [1]) fast ebenso viel Gerbstoff als ein gleiches Volum Eichenrinde, die Früchte anderer Nadelhölzer dagegen um 1/5 weniger. Dieser Gerbstoff hat dieselbe Beschaffenheit und Anwendbarkeit als der der Eichenrinde, nur erfordert das Gerben damit etwa 1/8 Zeit mehr als mit letzterer, dagegen verhalten sich aber auch die Preise, wie 1 : 5. Die Lerchenrinde enthält nach Hoop [2]) im trockenen Zustande 4,726 % Gerbstoff, während er die Eichenrinde von 5,189, also nur 0,463 % weniger fand, im frischen Zustande enthalte erstere 3,807 %, da sie aber nicht den Extraktivstoff wie die Eichenrinde enthält, so eignet sie sich auch nur zum Gerben von Kalb-, nicht aber von Sohlleder. Nach Stenhouse wird sie übrigens, obgleich sie kein sonderliches Leder liefere, in Schottland sehr häufig zum Gerben benutzt.

Da die Gerbsäure mit Auflösungen von Eisenoxydsalzen theils blauschwarze, theils graugrüne Niederschläge bildet, während die Flüssigkeiten theils blau, theils grün erscheinen, so hat man eisenbläuende und eisengrünende Gerbsäure unterschieden. Indessen hat Cavallius nachgewiesen, daß man durch gewisse Zusätze, wie unten gezeigt werden soll, willkürlich die blaue oder die grüne Färbung hervorrufen könne. Sowohl die ursprünglich blau, als die grün färbende Gerbsäure zeigt je nach ihrer Abstammung aus verschiedenen Pflanzen ein ziemlich verschiedenartiges chemisches Verhalten, worin besonders die Gerbsäure der Galläpfel nach den Untersuchungen von Stenhouse eine mit der des Sumachs übereinstimmende Abweichung von allen übrigen Gerbsäuren darbietet, indem sich nur diese beiden in Gallussäure umwandeln lassen.

Eichengerbsäure. Vorkommen.

Unter der **eisenbläuenden Gerbsäure**, gewöhnlicher Eichengerbsäure genannt $\bar{Qt}$ (Acidum quercitannicum) $C_{18}H_{10}O_9$, versteht man gewöhnlich diejenige, welche in den Galläpfeln, durch den Stich der Gallwespe am Blattstiele verschiedener Eichen, wie Quercus Cerris, Q. Aegilops, Q. austriaca, Q. pedunculata, entstehenden Auswüchsen [3]), in den Knoppern oder Eckerdoppen, Valoneae, den durch den Stich der Gallwespe

1) Moniteur industriel und davon sächs. Gewerbsbl. 1844. Nr. 70. S. 395.

2) Vortrag in der Versammlung deutscher Land- und Forstwirthe in Brünn, Wedekind's neue Jahrbücher der Forstkunde, Heft 20, und daraus allgem. Forst- und Jagdzeitung. 1841. S. 303.

3) Die bei uns an den Eichenblättern entstehenden Gallen enthalten kaum mehr Gerbsäure als das Blatt.

entarteten Eichelkelchen von Quercus Robur und Q. Cerris in Ungarn, Slavonien, Croatien und Dalmatien, im Sumach oder Schmack, den getrockneten Blättern und Blattstielen des Gerbersumachs, Rhus coriaria in Sicilien, Spanien, Portugal und Südfrankreich und von Rhus Cotinus aus Ungarn und Illyrien, ferner in den Zweigen und Blättern der Heidelbeere, in den Rinden der Eichen, Weiden, Birken, Buchen, Kastanien rc. vorkommt, obgleich die eigentliche, nämlich aus der Eichenrinde erhaltene Eisengerbsäure nicht unwesentlich und namentlich darin von der Galläpfelgerbsäure abweicht, daß sie nicht wie diese und die Sumachgerbsäure [1]) in Gallussäure übergehen kann. Berzelius nennt deshalb die Gerbsäure der Galläpfel und des Sumachs **Gallusgerbsäure**, Acidum gallotannicum (die Gallussäure Acidum gallitannicum) und die der Eichenrinde Eichengerbsäure.

Darstellung. Um die Gerbsäure zu erhalten, verstopft man einen engen, langen, oben verschließbaren Trichter (s. S. 58) unten locker mit Baumwolle, bringt darüber Galläpfelpulver, begießt dasselbe mit wasserhaltigem d. h. nicht über Chlorcalcium rectificirtem Äther und steckt den Trichter auf eine Flasche. Die Gerbsäure der Galläpfel entzieht dem Äther das Wasser, zerfließt damit und rinnt mit dem nun entwässerten Äther, der in diesem Zustande nur Spuren von Eichengerbsäure zu lösen vermag, in die Flasche, worin bald zwei Flüssigkeitsschichten entstehen. Die untere, gewöhnlich schwach gelblich gefärbte, ist eine concentrirte reine Eichengerbsäurelösung, die oberste Aether, welcher etwas von den Bestandtheilen der Galläpfel aufgelöst enthält. Man trennt beide Lösungen durch einen Scheidetrichter und verdunstet die Lösung der Gerbsäure über Schwefelsäure unter der Glocke der Luftpumpe und gewinnt den Äther fast ohne Verlust durch Abdestilliren wieder.

Aus keiner der vielen anderen gerbsäurehaltigen Substanzen ist es bisher noch gelungen, reine Gerbsäure darzustellen. Im unreinen Zustande, von bräunlichgelber Farbe erhielt sie Stenhouse aus Sumach, indem er einen mit wenigem kalten Wasser bereiteten Auszug desselben mit etwa seinem halben Volum Schwefelsäure fällte.

Über Darstellung einer künstlichen Gerbsäure vgl. unten Quellsatzsäure.

Eigenschaften. Die aus Galläpfeln erhaltene Gerbsäure ist eine farblose, fast durchsichtige, nicht krystallisirbare Substanz, die durch Fällung mit Schwefelsäure erhaltene Gerbsäure des Sumachs, der Knoppern, des grünen und schwarzen Thee's ist gelb bis bräunlich gefärbt, die der Eichenrinde rothbraun, die der Natterwurz (Polygonum bistorta), der Tormentillwurzel, Lerchen-, Birken- und Erlenrinde bildet eine hellgelbe Auflösung, die an der Luft roth wird. Die Gerbsäure besitzt einen rein zusammenziehenden Geschmack ohne Bitterkeit, keinen Geruch und röthet Lackmus stark. Sie wird an der Luft nicht feucht, läßt sich leicht pulvern, wird bald gelb an der Luft, schmilzt beim Erhitzen unter Aufblähung und verbrennt ohne Rückstand. Bei 215° C. zersetzt sich die Gerbsäure der Galläpfel und des

---

1) Auch die Gerbsäure von Rhus Toxicodendron besitzt nach Aschoff die Eigenschaft, sich in Gallussäure umzuwandeln.

Sumachs wie die Gallussäure in Kohlensäure, **Pyrogallussäure** und **Metagallussäure**. Sie löst sich in 3 Theilen kaltem und noch weniger warmem Wasser, auch in Weingeist; in absolutem Alkohol nur in der Wärme und in dem Zustande, wie man sie beim Eintrocknen einer wässerigen Auflösung erhält, sehr wenig in Äther. Einer gallussäurehaltigen Auflösung der Gerbsäure in Äther wird durch Wasser alle Gerbsäure entzogen, während die Gallussäure im Äther gelöst bleibt. In fetten und ätherischen Ölen ist sie unauflöslich.

Die Auflösung der Gerbsäure wird gefällt von Leim, Eiweiß, Käsestoff, Pflanzenalkalien, thierischer Haut und von manchen Säuren, namentlich Schwefelsäure, welche eine in Wasser und Weingeist lösliche, in überschüssiger Schwefelsäure dagegen unlösliche Verbindung damit bildet. Von Salpetersäure wird die Gerbsäure Anfangs gefällt und dann unter Bildung von Oxalsäure zersetzt. Auch Salz-, Phosphor- und Arseniksäure fällen sie aus concentrirten Lösungen. Wird der mit Schwefelsäure erhaltene Niederschlag noch feucht in kochende sehr verdünnte Schwefelsäure gebracht, so verwandelt er sich in Gallussäure. Ein verdünnter wässeriger Galläpfelauszug verwandelt sich bei Luftabschluß o h n e Gasentwickelung gleichfalls in Gallussäure, bei Luftzutritt auch eine concentrirte Flüssigkeit unter Kohlensäureentwickelung, oft unter gleichzeitiger Bildung von **Ellagsäure** (der Name ist durch Umkehrung des französischen Wortes galle Gallapfel gebildet).

1 MG. Gerbsäure $= C_{18}H_{10}O_9 + 3\dot{H} = C_{18}H_{16}O_{12}$
Aus der Luft aufgenommen werden O_8

$C_{18}H_{16}O_{20} =$

2 MG. krystallisirte Gallussäure $= 2\,(C_7H_2O_3 + 3\dot{H}) = C_{14}H_{16}O_{12}$
und 4 MG. Kohlensäure $= 4\,\ddot{C} = C_4\;O_8$

oder

2 MG. Ellagsäure $= 2\,(C_7H_1O_4 + \dot{H}) = C_{14}H_{12}O_{10}$
2 MG. Kohlensäure $= 4\,\ddot{C} = C_4\;O_8$
2 MG. Wasser $= 2\,\dot{H} = H_4\;O_2$

Zugleich entsteht auch bei Luftzutritt brauner Extraktabsatz.

Auch aus der Gerbsäure des Sumachs erhielt Stenhouse nach 5wöchentlicher Einwirkung der Luft bei + 21° C. Gallussäure.

Die Gerbsäure der übrigen (S. 291 und 292 aufgeführten) gerbstoffhaltigen Substanzen scheint sich, obgleich sie ursprünglich fast immer von etwas Gallussäure begleitet ist, auf diese Weise ebensowenig als durch Behandlung mit Schwefelsäure in Gallussäure umwandeln zu können. Wenigstens erhielt ich bei 5monatlichem Stehenlassen eines stets feucht erhaltenen Eichenrindenauszugs unter den angegebenen Verhältnissen keine Spur von Gallussäure. Die Gerbsäure der Eichenrinde kommt auch schon ursprünglich ganz frei von Gallussäure vor, während die meisten übrigen Arten der Gerbsäure nach Stenhouse etwas davon enthalten, obgleich sie sich künstlich, wenigstens durch Schwefelsäure, nicht in Gallussäure umwandeln lassen.

Salze.

Die Verwandtschaft der Gerbsäure zu den Basen ist gering, doch vermag sie die Kohlensäure aus den alkalischen Carbonaten auszutreiben. Die gerbsauren Salze, **Tannate** des Kali, Ammoniak und Baryt sind in kaltem Wasser schwer löslich, leichter in heißem. Weit leichter löst sich das Natronsalz, vom Kalk nur das Neutral- und von der Thonerde das saure Salz. Die Tannate der Schwermetalloxyde, welche man durch Zersetzung der gerbsauren Alkalien mittelst auflöslicher Metallsalze erhält, sind sämmtlich schwer löslich. Am merkwürdigsten sind die Eisenverbindungen. Mit den Oxydulsalzen des Eisens gibt die Gerbsäure keinen Niederschlag; werden beide Lösungen möglichst concentrirt zusammengebracht, so entsteht eine weiße gelatinöse Masse, die sich in Wasser wieder auflöst. Mit Eisenoxyd bildet die Gerbsäure eine schwarze, sich äußerst langsam absetzende Verbindung, welche sich aber nach Zusatz von etwas Alkali unter Zurücklassung einer farblosen Flüssigkeit ablagert. Dieselbe bildet nebst dem gallussauren Eisenoxyd die färbende Substanz der gewöhnlichen schwarzen Schreibtinte. Sehr verdünnte Eisenoxydsalzlösungen werden anfangs ohne Trübung blos dunkelblau gefärbt, lagern aber später dunkle Flocken ab.

Eisengrünende Gerbsäuren.

Von den Gerbsäuren, welche die Eisenoxydsalzlösungen nicht blauschwarz färben und fällen, sondern dunkelgrün, sind vorzüglich die nachstehenden bemerkenswerth.

Chinagerbsäure.

Die **Chinagerbsäure** (Acidum cinchotannicum), welche in den Chinarinden (Cinchona) vorkommt, bildet mit Wasser, Alkohol oder Äther eine blaßgelbe Auflösung von rein zusammenziehendem Geschmack, die wässerige wird an der Luft allmälig rothbraun und setzt beim Abdampfen eine braune unlösliche Substanz ab. Die Gerbsäure des Splintes der Tannen- und Eichenrinde unterscheidet sich von der Chinagerbsäure nur dadurch, daß sie nicht, wie diese, Brechweinsteinauflösung ($\dot{K}\bar{T} + \dddot{S}b\bar{T}$) fällt.

Catechugerbsäure.

Die **Catechugerbsäure** $\bar{M}t$ (Acidum mimotannicum) $C_{18}H_{16}O_8$ findet sich in dem Catechu, dem eingetrockneten Extrakt des Holzes der Mimosa catechu in Ostindien. Sie bildet mit Kali nicht wie die Chinagerbsäure eine unauflösliche Verbindung, auch fällt sie die Brechweinsteinlösung nicht.

Kinogerbsäure.

Die **Kinogerbsäure** (Acidum coccotannicum) kommt vor in dem sogenannten Kinogummi, dem eingetrockneten Extrakt der Coccoloba uvifera auf Jamaika. Sie bildet eine rothe, durchsichtige, in kaltem Wasser schwierig, leichter in kochendem, auch in Alkohol, wenig aber oder gar nicht in Äther lösliche Substanz von rein zusammenziehendem Geschmack. Sie wird von Säuren leichter gefällt, als die vorigen und die entstehende Verbindung ist dann weit weniger löslich als bei jenen.

Vorkommen der eisengrünenden Gerbsäure.

Außer den genannten Substanzen finden sich eisengrünende Gerbsäuren in der Lerchen-, Tannen- und Fichtenrinde, in der Tormentill- und Farrnkrautwurzel, im Wasserampfer, in den Hülsen, Kernen und Kämmen der Trauben ꝛc.

Nach den Beobachtungen von Cavallius liefern die eisengrünenden Gerbsäuren mit essigsaurem Eisenoxyd blaue Verbindungen und ihre grünen Eisenverbindungen werden durch richtigen Zusatz von essigsaurem Bleioxyd und selbst durch vielen Leim blau. Eine Verbindung eisengrünender Gerbsäure mit Bleioxyd wird durch schwefelsaures Eisenoxyd blau. Eine eisengrünende Gerbsäure in Wasser gelöst und mit Eisenspänen versetzt wird unter Einwirkung der Luft nach einiger Zeit gleichfalls blau. Die auf eine oder die andere Weise erhaltene blaue Farbe geht durch Zusatz von Essigsäure in die grüne über, und mit Essigsäure versetzte Eichengerbsäure reagirt auf schwefelsaures Eisenoxyd grün, während durch Sättigung mit einer Basis die blaue Farbe wieder erscheint. Überhaupt machen Basen die Eisenoxydverbindungen schwarz oder blau, die Säuren aber die schwarzen grün.

Die eisenbläuende und die grünende Eigenschaft der Gerbsäure lassen sich ineinander umwandeln.

Man erkennt die Gerbsäure leicht an ihrem Verhalten zu den Eisenoxydsalzen, worin sie jedoch mit der Gallussäure vollkommen übereinstimmt. Die Mittel, sie von letzterer zu unterscheiden, sollen unten bei der Gallussäure angegeben werden.

Ausmittelung

Die Gerbsäure der Galläpfel und des Sumachs geben sich noch insbesondere dadurch zu erkennen, daß sie durch trockene Destillation Pyrogallussäure und durch Behandeln mit kochender verdünnter Schwefel- oder Salzsäure Gallussäure liefern, während diese Eigenschaft den übrigen Gerbsäuren, (wenn sie nicht zuvor schon Gallussäure enthielten) vollständig mangelt.

Nach Pelouze ist es am besten, um die Gerbsäure von der Gallussäure zur quantitativen Bestimmung zu scheiden, wenn man ein Stück roher Thierhaut, welche durch Kalk enthaart ist, nachdem es gut ausgetrocknet und gewogen ist, einige Zeit bei gelinder Wärme in der Flüssigkeit liegen läßt. Aus der Gewichtszunahme der trockenen Haut läßt sich dann, jedoch nur annähernd, der Gerbsäuregehalt der Auflösung bestimmen. Durch Leimauflösung (am besten eine filtrirte Abkochung von Hausenblase in 40 Theilen Wasser) erreicht man nur eine unvollständige Fällung und demnach ein unrichtiges Resultat. Nach Müller's Versuchen besteht die sicherste Methode in der Fällung als Eisenoxydverbindung und Berechnung der Gerbsäure aus dem Gewichts-Verluste beim Glühen derselben. Man fällt die etwas alkalisch gemachte Auflösung mit essigsaurem Eisenoxyd, filtrirt, wäscht und trocknet den Niederschlag, digerirt ihn fein zerrieben mit verdünnter Kalilauge, bis diese kein gallussaures Eisen mehr auszieht (aus der Lösung kann man das gallussaure Eisen durch Salzsäure fällen und den Niederschlag trocknen und glühen), wäscht darauf den Niederschlag wieder aus, trocknet und glüht. Der Rückstand ist reines Eisenoxyd und der Verlust gibt die Gerbsäure an.

Quantitative Bestimmung des Gerbsäuregehalts.

Man kann übrigens auch aus wässerigen Lösungen den Gerbstoff durch Leimlösung fast vollständig fällen, wenn man die Abscheidung des Niederschlags durch Zusatz von Kochsalz befördert. Der Niederschlag wird ausgewaschen, wieder in Wasser zertheilt, durch Kalilauge zersetzt und aus der Auflösung der Gerbstoff wie oben durch essigsaures Eisen niedergeschlagen.

Das bei + 100° C. getrocknete gerbsaure Eisenoxyd enthält fast genau 60 Gerbstoff und 40 Eisenoxyd, wogegen der Leimniederschlag sehr wechselnd zusammengesetzt sein muß. Während nämlich auf 100 Gerbstoff nach Dulk 144, nach Mulder 135 Leim kommen, fand Müller nur 66,6, so daß der getrocknete gerbsaure Leim ebenfalls 60% Gerbstoff enthalten würde. Am sichersten ist es, den Leim vor dem Auflösen, so wie seine Auflösung vor und nach dem Verbrauch zur Fällung zu wiegen und die verbrauchte Menge vom Gewichte des Niederschlages abzuziehen. Natürlich darf nicht mehr zugesetzt werden, als genau zur Fällung hinreicht.

Verwendung. Man benutzt die Gerbsäure im reinen Zustande in der Chemie zur Ausmittelung, quantitativen Bestimmung und Darstellung der Pflanzenalkalien[1]), als Reagens auf Leim und mit Gallussäure verunreinigt in der Galläpfeltinctur als Reagens auf Eisenverbindungen.

Im reinen Zustande findet die Gerbsäure keine technische Verwendung, desto ausgedehnter ist aber ihre Anwendung im unreinen Zustande als Abkochung der verschiedenen gerbsäurehaltigen Pflanzenstoffe. In der ersteren benutzt man sie als zusammenziehendes und stärkendes (tonisches) Mittel. Ihre Eigenschaft, mit der Thierfaser elastische und der Fäulniß widerstehende Verbindungen zu bilden, begründet ihre Anwendung in der Gerberei, und ihr Verhalten zu Eisenoxyd ihre Benutzung in der Färberei zur Herstellung schwarzer und grauer Farben und zur schwarzen Tinte.

Zum Gerben wird vorzüglich die Eichenrinde als Lohe benutzt. Am reichsten ist die innere Lage derselben, auch ist die Rinde junger Bäume, des Buschholzes der von alten vorzuziehen. Die Weidenrinde dient zum Gerben von Saffian, Maroquin, Handschuhleder, Birken- und Buchenrinde in der Lohgerberei, erstere namentlich zum Färben des Leders, auch zum Schwarzfärben der Seide. Zum Färben werden besonders Sumach, Knoppern und Galläpfel benutzt. Auch Lerchen-, Tannen- und Fichtenrinde, bisweilen auch Heidelbeerzweige und -Blätter und Tormentillwurzel werden zuweilen zum Gerben verwendet.

Gallussäure.

Gallussäure. Vorkommen. Die Gallussäure $\bar{G}$ (Acidum gallicum) $C_7H_2O_3$ findet sich, jedoch nur in sehr kleiner Menge, in den Galläpfeln, in weit größerer in der Bablah (getrocknete Schoten von Mimosa cineraria in Calcutta und Coromandel). Nach Pelouze's Versuchen kommt sie aber nicht natürlich vor, sondern entsteht erst aus der Gerbsäure beim Trocknen der Vegetabilien. Sie soll jedoch vorkommen in den Säften einiger Pflanzen, z. B. in Cytisus hypocystis, in den Blumen der Arnica montana, in den Samen von Veratrum sabadilla, in den Wurzeln von Helleborus niger, Veratrum album, Colchicum autumnale, Eucalyptus ipecacuanha ꝛc., wenn sie anders nicht auch hier ein Zersetzungsprodukt war.

1) Vgl. Henry im Journ. de pharm. Mai 1835. S. 213—231 und von da pharm. Centralbl. 1835. S. 447—453.

Jedenfalls scheint das noch keine ausgemachte Sache zu sein, da man nach Stenhouse zwar in den meisten gerbstoffhaltigen Pflanzenstoffen etwas Gallussäure findet, künstlich dagegen nur die Gerbsäure von zweien derselben, nämlich die der Galläpfel und des Sumachs in Gallussäure umwandeln kann. Wenn auch die Gallussäure jedesmal aus der Gerbsäure entstanden sein mag, so scheint dies doch wenigstens ebensowohl durch den Einfluß der Lebenskraft, als durch die Fäulniß gerbstoffhaltiger Substanzen geschehen zu können, da Robiquet sogar fand, daß reine Gerbsäure sich unter den günstigsten Umständen selbst nach 8 Monaten erst zur Hälfte in Gallussäure verwandelte, während bei Galläpfeln, selbst ganzen, die Umwandlung in einem Monat vollendet ist. Es ist demnach so lange als möglich anzusehen, daß die kleine Menge von Gallussäure, welche sich gewöhnlich in gerbsäurehaltigen Pflanzentheilen vorfindet, ein Erzeugniß der Lebenskraft sei, bis triftigere Gründe das Gegentheil erweisen.

Darstellung. Man erhält die Gallussäure aus der Gerbsäure, wenn man dieselbe, wie S. 293 angegeben wurde, entweder mit verdünnter Schwefelsäure kocht, oder Galläpfelpulver einen oder mehrere Monate lang an einem warmen Orte feucht erhält, auspreßt, mit Wasser auskocht, durch Thierkohle entfärbt und krystallisiren läßt. Durch Umkrystallisiren aus Alkohol erhält man größere Krystalle. 100 Theile schwerer blauer Galläpfel liefern 15—16 reiner Gallussäure [1]).

Eigenschaften. Die Gallussäure krystallisirt in feinen, seidenglänzenden geraden rhombischen Prismen von weißer, meist schwachgelblicher Farbe, ohne Geruch und von schwach säuerlichem zusammenziehendem Geschmack, in 100 Theilen kaltem und 3 Th. warmem Wasser, in 4 Th. Alkohol und wenig in Äther löslich. Die krystallisirte enthält 9,45 % Wasser. Sie röthet Lackmus und gibt mit Eisenoxydsalzen, wie die Gerbsäure, einen schwarzblauen Niederschlag, welcher aber leichter löslich ist, als das gerbsaure Eisenoxyd; er löst sich allmälig in der Flüssigkeit wieder auf. Oxydfreies Eisenoxydulsalz wird davon nicht verändert und die wässerige Lösung der Gallussäure löst das Eisen unter Wasserstoffgasentwickelung auf, ohne davon gefärbt zu werden. Concentrirte Schwefelsäure zersetzt die Gallussäure, Salpetersäure färbt ihre Auflösung purpurroth, dann gelb und zersetzt sie gleichfalls. Die wässerige Auflösung zersetzt sich freiwillig in Humussäure und färbt sich dabei braun. Die Gallussäure verliert bis + 100° C. erhitzt Wasser, kocht bei 210 unter Entwickelung von Kohlensäure und Sublimation von Brenzgallussäure, schnell bis 250° erhitzt hinterläßt sie schwarze Melangallussäure, die in Wasser und Alkohol unlöslich, auflöslich aber in Alkalien ist.

Salze. Die gallussauren Salze (**Gallate**) zersetzen sich in Auflösung außerordentlich leicht, besonders bei Gegenwart von überschüssigem Alkali, unter Sauerstoffgasabsorption in Kohlensäure und eine braune, in Wasser unlösliche Materie. Setzt man einer alkalischen Flüssigkeit Gallussäure zu,

---

1) Vgl. Müller, Archiv d. Pharm. 2. R. 46. S. 152.

so ertheilt ihr dieselbe bei ihrem Übergang in die braune Materie eine gelbe, grüne, rothe und endlich eine braune, fast schwarze Farbe. Kommt die alkalische Reaction von Kali oder Natron, so bleibt die Flüssigkeit klar, bei Gegenwart von Kalk oder Bittererde entsteht eine Trübung und ein schwarzer Niederschlag, was schon Täuschungen veranlaßte, indem man diese Färbung der Gegenwart eines Metallsalzes zuschrieb.

Ausmittelung

Die Gallussäure läßt, wie die Gerbsäure, Eisenoxydulsalze unverändert, während sie die Eisenoxydsalze blauschwarz fällt, unterscheidet sich aber von dieser durch ihr Verhalten zu Leimlösung, zu kohlensaurer Kalklösung und Barytwasser.

Während die Gerbsäure, wie die Humussäure, von Hausenblasenlösung in weißen Flocken als gerbsaures Glutin gefällt wird, ebenso die gerbsauren Alkalien nach dem Freiwerden der Gerbsäure auf Zusatz von etwas verdünnter Salzsäure, bleibt die Gallussäure und ihre Salze davon unverändert.

Eine Auflösung von doppeltkohlensaurem Kalk, die man durch Einleiten von Kohlensäure in Kalkwasser bis zur Wiederaushellung der Flüssigkeit erhält, färbt eine gallussäurehaltige Flüssigkeit beim Stehen an der Luft bald bläulich und endlich, nach etwa 1 Stunde, indigblau, ohne sie zu trüben. Erst allmälig entsteht ein geringer blaugrünlicher Bodensatz. Erhitzt man gleich nach dem Zusatze des Reagens, so fällt kohlensaurer Kalk nieder und die Flüssigkeit bleibt ungefärbt, wird aber schon beim Erkalten blau. Eine Auflösung von Gerbsäure bleibt auf Zusatz von doppeltkohlensaurer Kalklösung auch für die Dauer farblos und hell, setzt aber allmälig einen starken weißen, flockigen Niederschlag ab, welcher bei überschüssiger Gerbsäure weingelb aussieht und erst nach langer Zeit gelblichgrau wird.

Verdünntes Barytwasser gibt mit Gallussäure einen schwarzblauen, nicht verdünntes einen violetten, nach mehreren Stunden grün und endlich braungelb werdenden Niederschlag, der sich in großem Überschuß des Fällungsmittels mit rosenrother Farbe auflöst. Gerbsäure gibt einen weißen, in überschüssigem Barytwasser farblos löslichen Niederschlag. Aus einer, Gallus- und Gerbsäure zugleich enthaltenden, Flüssigkeit wird bei behutsamer Fällung zuerst die Gerbsäure, dann die Gallussäure niedergeschlagen.

Außerdem lieferte die umfassende Arbeit von Wackenroder über diese beiden Säuren noch eine große Menge brauchbarer Reactionen. Man vgl. hierüber seine Abhandlung im Arch. der Pharm. 27. S. 257—275 und 28 S. 35—55; pharm. Centralbl. 1842. S. 3—16 und 17—27.

Anwendung.

Die Anwendung der Gallussäure stimmt so ziemlich mit der der Gerbsäure überein, bis auf deren Benutzung in der Gerberei, wozu die Gallussäure unbrauchbar ist, insofern sie mit der thierischen Faser keine Verbindung eingeht.

Die Milch-, Butter- und Önanthsäure werden bei der Gährung, die Humin-, Ulmin-, Quell- und Quellsatzsäure unter den Fäulnißprodukten der Pflanzenstoffe abgehandelt werden.

Organische Basen.

Die organischen Basen, Pflanzenalkalien oder Alkaloide sind meist feste und zwar krystallisirbare Körper, größtentheils von sehr bitterem Geschmack und geruchlos, meist ohne Zersetzung verflüchtigbar, in Wasser schwer, leicht aber in heißem Alkohol löslich. Sie reagiren alkalisch, bilden mit organischen und anorganischen Säuren Salze, wovon viele krystallisirbar, einige pulverförmig und wenige tropfbar flüssig sind. Sie enthalten alle Stickstoff, meist $^2/_3$ bis $^3/_4$ ihres Gewichts Kohlenstoff, viel Wasserstoff und wenig Sauerstoff. Die eichengerbsauren Salze derselben zeichnen sich durch Schwerlöslichkeit aus, man benutzt daher die Eichengerbsäure als Reagens und zur Darstellung der organischen Basen.

Vorkommen.

Sie finden sich, fertig gebildet, niemals im Thierkörper, sondern nur in den Pflanzen und zwar in den verschiedensten Theilen derselben, stets aber nur in sehr geringer Menge und ertheilen den Pflanzen ihre starken, heilsamen und giftigen Wirkungen auf den thierischen Organismus, sie kommen nicht im freien Zustande vor, sondern stets mit organischen Säuren zu meist schwer löslichen Salzen verbunden. Manche kommen in der Natur nicht als solche vor, sondern entstehen erst bei gewissen Zersetzungsprozessen organischer Körper.

Darstellung.

Das Verfahren zur Darstellung der organischen Basen richtet sich nach dem Zustande und den Eigenschaften, welche sie besitzen. Gewöhnlich zieht man die Pflanzentheile mit durch Salzsäure angesäuertem Wasser aus, concentrirt den Auszug durch Abdampfen, versetzt ihn kochend mit einem Überschuß von Bittererde, wodurch die Basen, ihrer Säure beraubt, mit einem Theile freier Bittererde gemengt niederfallen. Man wäscht den Niederschlag mit Kali, Ammoniak oder schwachem Weingeist, löst dann in kochendem Alkohol, wobei die Bittererde zurückbleibt, und läßt dann die Basis anschießen. Man sättigt sie hierauf gewöhnlich mit einer Säure und reinigt sie durch Thierkohle und Umkrystallisiren.

Einige, die in Wasser löslich und destillirbar sind, erhält man, wie das Coniin und Nicotin, wenn man die Pflanzentheile mit verdünnter Mineralsäure auskocht, den Auszug abdampft, mit Kalilauge destillirt, dann noch von dem beigemengten Ammoniak reinigt 2c.

Solche Pflanzenbasen sind z. B. das Colchicin im Colchicum autumnale; das Solanin ($C_{84}H_{146}N_2O_{28}$, Blanchet) im Solanum nigrum, S. dulcamara, S. tuberosum 2c.; Corydalin ($C_{34}H_{44}NO_{10\frac{1}{2}}$, Döbereiner) in Corydalis bulbosa und fabacea; Aconitin im Aconitum Napellus; Chelidonin ($C_{40}H_{40}N_6O_6$, Will) im Chelidonium majus; Daturin in Datura Stramonium; Atropin ($C_{34}H_{46}N_2O_6$, Liebig) in Atropa belladonna; Hyoscyamin in Hyoscyamus niger und albus; Digitalin in Digitalis purpurea; Nicotin ($C_{10}H_{16}N_2$, also ohne Sauerstoff, Ortigosa und Barral) in verschiedenen Arten von Nicotiana; Coniin ($C_{12}N_{28}N_2O$, Liebig) im Conium maculatum; Cicutin aus Cicuta virosa 2c.[1]).

1) Die meisten dieser Alkaloide sind nech nicht analysirt.

Diese Alkaloide sind übrigens im isolirten Zustande sämmtlich nur als chemische Seltenheiten zu betrachten. Einige andere dagegen von ausländischen Gewächsen, wie besonders das Morphium aus dem Opium, das Strychnin aus den Samen der Strychnos Nux vomica, das Chinin aus der Chinarinde ꝛc. werden seit langer Zeit als Arzneimittel benutzt. (Das Berberin s. unter den Farbestoffen).

Indifferente Stoffe.

Pflanzenfaser.

Pflanzen- oder Holzfaser. Vorkommen. Die Pflanzen- oder Holzfaser oder der vegetabilische Faserstoff $C_{36}H_{41}O_{22}$[1]) bildet einen Hauptbestandtheil aller Gewächse, indem sie das Skelet der Pflanzen bildet, und ist vorzüglich im Holze in der größten Menge angehäuft.

Darstellung. Man erhält den Faserstoff ziemlich rein, wenn man zerkleinerte Holztheile, dünne Späne mit verschiedenem indifferenten Wasser, Weingeist, dann mit sauren und alkalischen Lösungsmitteln behandelt, um die ihm anhängenden löslichen Stoffe zu entfernen. Durch Chlorwasser oder unterchlorigsaure Alkalien wird er weiß.

Eigenschaften. In diesem reinen Zustande erscheint er weiß, geruch- und geschmacklos, theils sehr zähe und faserig, wie bei Flachs, Hanf, Baumwolle, theils sehr hart, wie bei den Schalen des Steinobstes, der Nüsse ꝛc., von 1,5 specifischem Gewicht im luftleeren, und 0,39 bis 1,26 im lufthaltigen Zustande, sowohl in den gewöhnlichen Lösungsmitteln, als in verdünnten Säuren und Laugen unlöslich. Durch Chlor wird er nicht verändert, sondern nur gebleicht, indem sich das Chlor damit verbindet; durch verdünnte Salpetersäure wird er gelb gefärbt, durch concentrirte ohne Gasentwickelung aufgelöst und daraus durch Wasser wieder als indifferentes Xyloidin ($C_6H_{10}O_5\dddot{N}$) gefällt, das sehr leicht schmilzt und bei 180° C. verbrennt, beim Kochen bildet er damit Sauerkleesäure, aber viel weniger als Zucker und Stärkmehl. Auch Ätzkali und Ätznatron damit zusammengeschmolzen verwandelt ihn in Oxalsäure, verdünnte Kalilauge durch Kochen in Humussäure, concentrirte Schwefelsäure schwärzt und verwandelt ihn in Gummi und Krümelzucker. Auch Salzsäure schwärzt und zerstört die Pflanzenfaser. Sie verbindet sich mit Metallsalzen unter theilweiser Zersetzung der letzteren.

Nach den Untersuchungen von Payen und Schleiden besteht das Holz aus zwei verschieden zusammengesetzten Bestandtheilen. Der eine bildet die eigentliche Pflanzen- oder Holzzelle und wird daher von Payen Cellulose (Zellstoff) genannt $C_{24}H_{42}O_{21}$, der andere füllt die Zellen aus oder bildet Ablagerungen auf den Zellenwänden und heißt Lignin (Matière incrustante) nach Payen $C_{35}H_{24}O_{20}$. Die Zellensubstanz löst sich

---

1) Vgl. auch die Untersuchungen über Holzfaser von Blondeau de Carolles, Journ. f. prakt. Chemie. 32. S. 427—441 und von da pharm. Centralbl. 1844 S. 865.

nach Payen in concentrirter Salpetersäure nicht auf, wohl aber das Lignin; in concentrirter Schwefelsäure löst sich die Cellulose leicht und ohne Schwärzung zu Dextrin auf, während das Lignin von Schwefel- und Salzsäure stark gefärbt wird.

In trockener Luft erhält sich die Holzfaser und auch das Holz Jahrhunderte lang ohne Veränderung, ebenso unter Wasser beim Abschluß der Luft. Bei gleichzeitiger Einwirkung beider geht es dagegen in Fäulniß und Verwesung über, wird mürbe und verwandelt sich in eine braune oder weiße, im feuchten Zustand phosphorescirende zerreibliche Masse. Das durch Wasser von seinen löslichen Bestandtheilen befreite Holz erleidet diese Zersetzungen weit langsamer, als das frische Holz. Berührung mit Alkalien beschleunigt die Verwesung.

In der Wärme schmilzt und verflüchtigt sich die Holzfaser nicht, bei höherer Temperatur wird sie zersetzt in Kohlensäure, Kohlenoxyd, ölbildendes und Sumpfgas, in Essigsäure, Holzgeist, essigsaures Methyloxyd, Lignon, Xylit und Mesit und in Theer, welcher wieder aus Kreosot, Paraffin, Eupion, Picamar ꝛc. besteht.

Anwendung des Faserstoffs.

Die weicheren Arten der Faser bilden, von verschiedenen nährenden Stoffen durchdrungen, einen Hauptbestandtheil der vegetabilischen Nahrungsmittel der Menschen (Gemüse, Salat, Früchte) und der Thiere (Gras, Heu, Stroh ꝛc.). Die Faser selbst wird indessen nur verdaut, wenn sie sehr fein zertheilt ist, sie bildet daher immer einen Hauptbestandtheil der Excremente. Die Zähigkeit und Haltbarkeit des Faserstoffs gegen atmosphärische Einflüsse und Wasser bedingt die technische Benutzung des Holzes zu den verschiedenen Zwecken, so wie die der Bastfaser, des Flachses und Hanfes, der Nessel, der Baumwollenfaser ꝛc. zu Stricken, Geweben, Papier ꝛc.

Schießbaumwolle.

Wenn man den Faserstoff mit einer Salpetersäure behandelt, welche nicht mehr Wasser enthält, als gerade zum Bestehen des ersten Hydrates hinreicht, so löst er sich darin nicht wie in der gewöhnlichen concentrirten Salpetersäure auf (S. 300), sondern verbindet sich damit unter theilweiser Zersetzung zu einer explodirenden, dem Xyloidin in ihrer Zusammensetzung ähnlichen Verbindung, welche aber nicht wie das Xyloidin dabei in ihrer äußeren Form eine wesentliche Veränderung erleidet und ein von diesem ganz abweichendes chemisches Verhalten zeigt.

Am besten eignet sich zur Darstellung dieser Verbindung die Baumwolle. Sie erregte wegen ihrer Eigenschaft, gewissermaßen das Schießpulver zu ersetzen, unter dem Namen **Schießbaumwolle** das allgemeinste Interesse. Man hat dafür auch die Namen: Schießwolle, explosive Baumwolle, explodirender Faserstoff, Schießfaser, Fulmin, Pyroxylin, Ballistoxyd ꝛc. vorgeschlagen, welche jedoch keine allgemeine Aufnahme gefunden haben.

Diese wichtige Entdeckung wurde zuerst von Schönbein in der ersten Hälfte des Jahres 1846, im August desselben Jahres von Böttcher gemacht, welche Beide ihr Verfahren geheim hielten. Im October glückte

es auch Otto, die Schießbaumwolle herzustellen, welcher die Darstellungsweise sogleich veröffentlichte.

Darstellung. Um Salpetersäure von der erforderlichen Stärke zu haben, bereitete man dieselbe Anfangs stets frisch aus 10 Theilen geschmolzenem Salpeter und 6 Th. rauchender Schwefelsäure. Später ergab sich, daß es noch vortheilhafter sei, wenn man 1 Volumtheil gewöhnlicher, jedoch chlorfreier starker Salpetersäure mit etwa gleichen Theilen englischer oder ½ Theil rauchender Schwefelsäure mengt, indem letztere der Salpetersäure nicht blos das überschüssige Wasser entzieht, sondern auch die salpetrige Säure zurückhält, die sonst leicht zersetzend auf die Faser wirkt. Es ist zweckmäßig, die Baumwolle zuvor durch Behandeln mit Alkalien, Säuren, Äther und Weingeist von anhängenden fremden Stoffen, besonders der stickstoffhaltigen Substanz der Hüllen zu befreien. Nach Payen entzündet sich das aus gereinigter Baumwolle erhaltene Präparat schon bei 165° C. auf heißem Quecksilber, während das aus ungereinigter Baumwolle erst bei 200° explodirt.

Man taucht die Baumwolle in dies Gemenge 10—15 Minuten lang ein, am besten, wenn sie zuvor getrocknet und zur schnelleren Durchdringung auseinander gezupft worden war. Die Zeit des Eintauchens ergab bei der Analyse der Schießbaumwolle keinen Unterschied. Man drückt die anhängende Säure zwischen zwei Glastafeln etwas aus, drückt sie aber nicht vor dem vollständigen Auswaschen stark zusammen, zupft sie nachher wieder auseinander und trocknet sie hierauf bei sehr gelinder Wärme, weil sie bei starkem Erwärmen leicht explodirt.

Preis. Zu einem Bällchen Baumwolle von der Größe eines Eies braucht man ungefähr 2 Loth Säure. Über die Kostenberechnung sind indessen die Angaben noch sehr verschieden. So berechnet Walz das bayerische Pfund auf 3 Gulden 44 Kreuzer, während es nach Pelouze nur auf 7½ Sgr. käme. Letzterer schlägt vor, statt Baumwolle gut ausgetrocknete Papiermasse (Ganzzeug) anzuwenden, wo dann der Preis auf 6 Sgr. falle.

Schönbein's Verfahren. Schönbein, welcher sich seine Methode in England auf den Namen John Taylor patentiren ließ, beschreibt seine Darstellung folgendermaßen: Man taucht die trockene Baumwolle in ein Gemenge von 1 Theil Salpetersäure von 1,50 und 3 Th. Schwefelsäure von 1,185 specifischem Gewicht, welches auf 10—15° C. abgekühlt sein muß, rührt um, läßt die Säure ab, preßt die Baumwolle aus, läßt sie eine Stunde in dem Gefäß und wäscht sie dann mit Wasser bis zur Entfernung der Säure. Um diese völlig zu entfernen, taucht er sie in eine schwache Pottaschenauflösung (1 Unze in 4 engl. Quart Wasser), preßt aus und trocknet. Das Eintauchen in eine schwache Salpeterauflösung macht sie noch etwas wirksamer. Man trocknet sie in einem Zimmer von 65° C.

Die Baumwolle darf von der Säure nicht in eine gelatinöse, durchscheinende, gleichartige Masse verwandelt werden, wie es bei zu schwacher Säure geschieht, sondern muß Gestalt und Zusammenhang beibehalten, in den einzelnen Faserbündeln aber durchscheinend, glasartig werden.

Je mehr die Baumwolle bei dieser Behandlung an Gewicht zunimmt, um so stärker ist ihre Entzündbarkeit. Die Zusammensetzung der Schießbaumwolle ist nach Kerckhoff und Reuter $C_{24}H_{26}N_6O_{43}$. Die Cellulose der Baumwolle geht demnach bei der Behandlung mit Salpetersäure unter Abscheidung von Wasser eine Verbindung mit dieser Säure ein: $C_{24}H_{12}O_{21} + 6(HO, NO_5) = C_{24}H_{26}O_{43} + 14\,HO$ und nimmt danach 75,19% an Gewicht zu. Nach Schröder soll sie nur 66⅓ und nach Kaiser höchstens 25% zunehmen.

Zusammensetzung.

Nicht blos rohe Baumwolle, sondern auch gesponnene und gewebte, wie auch andere Arten von vegetabilischem Faserstoff, wie Flachs, Heede, Papier, Sägespäne, feine Hobelspäne, Torf u. dgl., auch Stärkmehl erhalten durch diese Behandlung eine der Baumwolle ähnliche explosive Eigenschaft, obgleich sich die rohe Baumwolle, vermöge ihrer lockeren Beschaffenheit, jedenfalls am zweckmäßigsten erweist. Erdmann (in Wien) soll jedoch aus Steinkohlentheer ein räthliches Pulver dargestellt haben, das noch kräftiger als Baumwolle wirkt. Zucker wird durch diese Behandlung in eine harzähnliche Masse verwandelt, welche beim Erhitzen gleichfalls plötzlich entflammt.

Die trockene Schießbaumwolle unterscheidet sich von der gewöhnlichen nur durch eine größere Straffheit ihrer Faser und knirscht beim Auseinanderziehen. Auch die Körner des Stärkmehls bleiben dabei unverletzt. Sie ist vollkommen weiß, besonders wenn man sie vor der Behandlung mit Säure in Ätzkalilösung gekocht hat. Beim Reiben mit der Hand wird sie auffallend stark elektrisch. Zieht man einen Docht davon wiederholt durch die Finger, so fahren die nebeneinander hängenden Enden derselben weit auseinander, bewegen sich mit Heftigkeit gegen einen hingehaltenen Finger. Sie bleibt längere Zeit an einer vertikalen Wand hängen, wird von einer geriebenen Siegellackstange abgestoßen und gibt, wohlgetrocknet, beim Reiben zwischen den Fingern an einem dunkeln Orte viele und lebhafte Funken. Sie isolirt noch besser als Seide. Gewöhnliche Baumwolle zeigt keine dieser Eigenschaften.

Eigenschaften.

Auch in ihrem chemischen Verhalten zeigt die Schießbaumwolle ebenso bedeutende Abweichungen vom Xyloidin, als von der gewöhnlichen Baumwolle. Das Xyloidin wird von concentrirter Essigsäure und Salzsäure, besonders beim Erwärmen, in verdünnter Salpetersäure schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht aufgelöst und aus beiden ersteren durch Wasser, aus letzterer durch Alkalien gefällt. Die Schießbaumwolle bleibt nicht blos in dieser Säure, sondern auch bei tagelangem Liegen in concentrirter Salpetersäure völlig unverändert und wird von letzterer erst bei 80—90° C. aufgelöst, aus dieser Auflösung aber durch Schwefelsäure wieder gefällt. Sie verliert nach stundenlangem Kochen mit Wasser oder Essigsäure weder an Gewicht, noch an Wirksamkeit. Essigäther verwandelt sie in eine voluminöse, wasserklare Gallerte, die mit mehr Äther eine klare Auflösung gibt, ohne den chemischen Zustand der Schießbaumwolle zu verändern, da der schneeweiße Rückstand nach Verflüchtigung des Äthers unter denselben

Chemisches Verhalten.

Umständen und zu denselben Produkten, wenn auch weniger energisch, als zuvor verbrennt. Auch in Schwefeläther löst sie sich auf[1]) zur farblosen, wasserhellen, dicken Flüssigkeit, welche sich filtriren läßt und durch Alkohol zur zähen, schleimigen Masse coagulirt. Wird dieselbe zwischen Fließpapier ausgepreßt, so zeigt sie wieder eine faserige Textur, indem sich die Masse in Fasern auseinander ziehen läßt. Getrocknet ist die Masse zwar leicht verbrennlich, hat aber die Eigenschaft, zu explodiren, verloren. Die Salpetersäure scheint mit der Wolle verbunden geblieben zu sein. Durch Eisenvitriol läßt sich auf die bekannte Weise (S. 119) die Verbindung von Stickstoff mit Sauerstoff in der Schießbaumwolle nachweisen; Brucin und Morphin bringen aber damit die rothe Färbung nicht hervor, wodurch sie die Salpetersäure anzeigen.

Das Xyloidin löst sich theilweise in absolutem Alkohol und fast ganz in alkoholhaltigem Äther auf. Gewöhnliche Baumwolle ist weder in Essig-, noch in Schwefeläther löslich. In concentrirter Schwefelsäure löst sich die Schießbaumwolle schwieriger auf, als Cellulose. Letztere Auflösung färbt sich schon unter 90, erstere viel über 100° C. braun und schwarz, und die Auflösung derselben in Schwefelsäure von 1,5 — 1,7 specifischem Gewicht gar nicht. Die Auflösung wird durch Alkalien nicht gefällt. Die noch feuchte Schießbaumwolle löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in mäßig starker Ätzkalilauge langsam, bei etwa 60° C. schneller, wobei Kerckhoff und Reuter einmal Citronensäure, ein anderes Mal Weinsteinsäure erhielten, während die Flüssigkeit zugleich salpetrigsaures nebst wenig kohlensaurem Kali enthält. Xyloidin löst sich in Kalilauge nicht in der Kälte und gewöhnliche Baumwolle auch beim Kochen nicht auf.

Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium zerstört die explosive Eigenschaft der Baumwolle, ohne daß sie sich im Aussehen verändert, nur knirscht sie nicht mehr zwischen den Fingern, aber an Gewicht verliert sie bedeutend. Auch durch Fett wird diese Eigenschaft geschwächt, aber nicht völlig aufgehoben. Durch Feuchtigkeit, welche sie aus der Luft anzieht, verliert sie dieselbe, erhält sie aber wieder, auch wenn sie zuvor stundenlang mit Wasser gekocht wurde. Nach Vankenknoff verliert sie die explodirende Eigenschaft gleichfalls, wenn man sie längere Zeit einer Temperatur von 150° C. aussetzt, wobei salpetersaure und salpetrigsaure Dämpfe entweichen.

Die explodirende Eigenschaft.

Beim Annähern von brennenden oder blos glühenden Körpern, ebenso bei einer Temperatur von 230° C. oder wenn die Erhitzung einige Secunden fortwirkt, schon bei 200—175° (vgl. S. 302)[2]), verbrennt die Schießbaumwolle blitzschnell und fast geräuschlos ab, um so rascher, je mehr ihre Gewichtzunahme bei der Behandlung mit Säure betrug. Sie läßt dabei

---

1) Nach Payen löst sich nur die durch salpetrige Säure erzeugte Verbindung in Äther, während derselbe von guter Schießbaumwolle nur 1/5—1/4 aufnimmt.

2) Nach andern Beobachtungen entzündet sie sich durch sehr rasche Erhitzung schon bei 130° C.

nicht den geringsten Rückstand. Nur wenn sie unrichtig bereitet oder feucht war, bleibt dabei Kohle oder Brandharz und Wasser zurück. Xyloidin läßt ebenfalls beim Verbrennen einen beträchtlichen Rückstand von Kohle. Das Abbrennen erfolgt auch durch einen kräftigen Hammerschlag auf den Ambos. Elektrische Funken von der Stärke, daß sie mit Harzpulver bestreute Baumwolle jedesmal entzünden, lassen nach Marx die Schießbaumwolle unverändert. Bei Anwendung einer großen Flasche von über zwei Quadratfuß äußerem Beleg verpufft sie aber jedesmal. Sie muß daher gegen Blitzschlag gesichert werden.

Die Schießbaumwolle brennt weit rascher ab, als das Pulver, so daß sie dicht neben diesem verbrennen kann, ohne dasselbe zu entzünden, während sie von abbrennendem Schießpulver mit Leichtigkeit entzündet wird. Sie kann daher auf der bloßen Hand entzündet werden, ohne eine besondere Wärme auf derselben fühlbar zu machen. Auch auf weißem Papier hinterläßt sie keine Spur.

Nach Giulini pflanzt sich die Entzündung der Schießbaumwolle in einer Patrone durch eine fest unterbundene Stelle nicht fort. So bleibt ein in der Mitte fest zwischen den Fingern gehaltener Streifen Schießbaumwolle auf der nicht angezündeten Seite unverändert. Daher explodiren auf dem Ambos einige Fasern heftig, während andere unverändert bleiben.

Verbrennungsprozeß.

Beim Verbrennen der Schießbaumwolle an der Luft entsteht nach Dumas Wasserdampf, Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Stickstoffoxyd und salpetrige Säure. Das Gas enthält so viel brennbare Produkte, daß es sich durch ein Licht entzünden läßt. Die Farbe der Flamme läßt auf Cyanverbindungen, wahrscheinlich Cyanammonium schließen. Fordos und Gélis erhielten auch in der That Cyansilber, als sie die Verbrennungsprodukte wiederholt in einem gläsernen Ballon sammelten, welcher Silberauflösung enthielt. Pleß berechnet nach seiner Elementaranalyse, daß sich beim Verbrennen von 100 Grammen Schießbaumwolle 85 Liter Gas bilden, beim Verbrennen von ebensoviel Schießpulver aber nur 32,5 Liter. Nach Schönbein's Angabe wirken auch 3 Theile Schießbaumwolle so viel, wie 8 Theile englisches Schießpulver.

Anwendung als Schießpulversurrogat.

Obgleich eine große Anzahl von Versuchen über ihre Benutzung als Surrogat des Schießpulvers angestellt worden ist, läßt sich bis jetzt doch noch keineswegs entscheiden, ob sie das Pulver ganz oder zum Theil werde verdrängen können. Nach Kaiser's Versuchen schlug

eine	Scheibenpistole	mit	1	Gran	Sch.	die	Kugel	auf	18	Schritte	3	Linien tief in die Scheibe
„	„	„	2	„	„	„	„	„	„	„	12	„
„	„	„	3	„	„	„	„	„	„	„	15	„
„	„	„	3	„	„	„	„	„	45	„	12	„
ein	Bürschstutzen	„	6	„	„	„	„	„	86	„	20	„
„	„	„	6	„	„	„	„	„	100	„	18	„
„	„	„	8	„	„	„	„	„	100	„	29	„
„	„	„	9	„	„	„	„	„	150	„	noch in den	

Pflock hinter der Scheibe tief ein. Die Kugeln waren mit geschmierten Pflastern umgeben.

Unter Otto's Anleitung geschahen 4 Schüsse aus einem schweren Sechspfündner mit resp. 12 und 18 Loth auf 800—1000 Schritte Entfernung, nach Aussage des anwesenden Artilleriemajors, mit derselben Wahrscheinlichkeit des Treffens, als mit zwei Pfund Geschützpulver bei demselben Caliber. Von gleich günstigem Erfolg waren die Versuche auf der Jagd.

Nach Kaiser kann beim Gebrauche $^1/_{12}$ vom Gewichte der Schießpulverladung als das Normale für gute Schießbaumwolle gelten. Die Ladung beträgt danach für Scheibenpistolen 3—4 Gran, für Kugelstutzen und Flinten 9 Gran, für Musketen 12 Gran. Diese Quantitäten zu überschreiten ist um so bedenklicher, als schon mehrere Beispiele von Zerreißung der Läufe bei wenig größeren Mengen existiren.

Das Laden geschieht wie beim Pulver, nur ist beim Gebrauche eiserner Ladstöcke Vorsicht nöthig, da zu kräftige Stöße eine Explosion der Baumwolle herbeiführen könnten. In gleicher Rücksicht ist das muthmaßliche Erwärmen der Läufe zu beachten, wenn mehrmals hintereinander daraus geschossen worden ist.

Beim Abschießen ist weder Feuer noch Rauch zu bemerken, wenn das Präparat gut war. Der Knall ist schwach, die Läufe bleiben vollkommen rein. War das Präparat nicht gelungen, so werden sie feucht, und in diesem Falle bemerkt man auch beim Abschießen an der Mündung des Gewehres eine Flamme, wie bei abbrennendem, etwas kohlehaltigem Wasserstoffgas. Feuchtigkeit des Laufes, sie mag von Einblasen oder etwas Anderem herrühren, vermindert die Triebkraft der Schießbaumwolle sehr beträchtlich.

Die Vortheile der Schießbaumwolle vor dem Pulver sind das lebhafte Abbrennen ohne allen festen Rückstand, die Abwesenheit eines unangenehmen Rauches, ihre Leichtigkeit, die Unmöglichkeit des Verstaubens und die dreifache Kraft des Pulvers.

Die Nachtheile sind das große Volum, die Erzeugung von vielem Wasser, das vielleicht noch mehr im Schießen hindert, als der feste Rückstand des Pulvers, und das allmälige Wasseranziehen an der Luft, wodurch sie endlich unbrauchbar wird, bis man sie wieder austrocknet. (Über den Preis vgl. S. 302).

Anderweitige technische Benutzung.

Die Schießbaumwolle ist ferner zur Darstellung von Zündkapseln vorgeschlagen worden, welche man aus gleichfalls mit Säure behandeltem Papier anfertigt und mit Baumwolle füllt. Zum Sprengen von Felsen ist sie mit dem besten Erfolge benutzt worden und selbst zur Bewegung von Maschinen, so wie das Baumwollengewebe und das Papier zur Darstellung von sehr kräftigen Elektrisirmaschinen [1]) und zu Lichtdochten

---

1) Nach Wolf sollen schon im vorigen Jahrhundert Elektrisirmaschinen aus eigens dazu gefertigtem starken und dichten Papier dargestellt worden sein, welche die Glaskugeln an Wirksamkeit übertroffen haben. Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 1846. Dec. S. 558.

empfohlen worden sind, welche nicht geputzt zu werden brauchen. Nach meiner Erfahrung brennen jedoch letztere rasch bis auf den Talg ab und verlöschen dann. Die elektrische Eigenschaft zeigt in noch höherem Grade das mit der Auflösung der Baumwolle in Äther getränkte Papier.

Das wie die Schießbaumwolle behandelte Papier ist wasserdicht und zeigt außerdem sehr viele Ähnlichkeit mit dem Pergament. Legt man Papier ungefähr ½ Minute in Schwefelsäure und wäscht es dann in Wasser ab, so erhält es gleichfalls eine pergamentartige Beschaffenheit, ohne aber explosiv, elektrisch oder wasserdicht zu sein. Die Schwefelsäure darf nur etwa 1,63 specifisches Gewicht haben, weil sich stärkere mit Wasser so erhitzt, daß sie das Papier augenblicklich auflöst.

Um eine Verwechselung der Schießbaumwolle mit gewöhnlicher Baumwolle zu verhüten, darf sie in mehreren Staaten nur gefärbt verkauft werden. Natürlich dürfen dazu keine giftigen Stoffe verwendet werden. Man hat Heidelbeeren, Saftgrün oder Ruß dazu vorgeschlagen. Letzterer soll in die Baumwolle eingepudert werden. Da er sehr fest haftet, die Explosionsfähigkeit gar nicht verändert und durch seinen etwas brenzlichen Geruch die Unterscheidung erleichtert, so erscheint er dazu allerdings sehr geeignet. Besser wäre vielleicht, sie zur Hälfte mit zwei verschiedenen bestimmten Farben zu färben und dann zu mengen.

Die Literatur über diesen Gegenstand hat sich in der kurzen Zeit so angehäuft, daß man kaum eine technische, chemische oder selbst politische Zeitschrift finden wird, welche nicht reichliche Materialien darüber darbietet.

Außer den unter der Literatur S. 6 angeführten selbstständigen Schriften sind darüber noch erschienen:

Frankenstein, C. v., Die Schießbaumwolle. Gratz, 1847. Leipzig, G. Wigand. 15 Ngr. oder 54 Xr.

Hartig, Th. (Forstrath), Untersuchungen über den Bestand und die Wirkungen der explosiven Baumwolle, mit besonderer Berücksichtigung des mikroskopisch Nachweisbaren vor, während und nach der Explosion. Braunschweig, Öhme und Müller. 1847.[1]) 10 Ngr. oder 36 Xr.

Kayser, C. (Pr. Lieutenant), Das Schießpulver und die Schießbaumwolle. Eine Parallele. Berlin, Alb. Förstner. 1847. 18 Ngr. oder 1 Fl. 6 Xr.

Stärkmehl.

Stärkmehl. Vorkommen.

Das **Stärkmehl**, auch **Stärke**, **Satzmehl**, **Amylon** oder **Amidon** genannt $C_{12}H_{20}O_{10}$, kommt nur im Pflanzenreiche vor, wo es einen der am weitesten verbreiteten Stoffe bildet; es findet sich in den Samen aller Cotyledonengewächse, in vielen Wurzeln, im Stamme mehrerer Monocotyledonen und in einigen Flechtenarten.

---

1) Die Resultate von Hartig's Untersuchungen nebst Abbildungen (wahrscheinlich ein Auszug aus obigem Werke) finden sich in Lindner und Müller's Archiv für Natur, Wissenschaft und Leben. Braunschweig, Öhme u. Müller. 1847. S. 8.

Eigenschaften.

Man unterscheidet 3 isomere Arten von Stärkmehl, gemeines Stärkmehl, Alantstärkmehl oder Inulin und Flechtenstärkmehl oder Lichenin, welche aber in folgenden Eigenschaften übereinstimmen: sie sind fest, nicht krystallinisch, mehlig, geruch- und geschmacklos, unlöslich in Alkohol, Äther und kaltem Wasser, löslich in heißem Wasser, woraus sie sich beim Erkalten wieder abscheiden, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, schmelzen beim Erhitzen unter Aufblähen, verkohlen unter Entwickelung brenzlicher Dämpfe, werden durch Jod eigenthümlich gefärbt, aus ihren Auflösungen durch Gerbsäure und basisch essigsaurem Bleioxyd gefällt, durch verdünnte Mineralsäuren in Dextrin und Krümelzucker, durch kochende concentrirte Salpetersäure in Xyloidin und endlich in Sauerkleesäure und Pseudoäpfelsäure ohne Spur von Schleimsäure verwandelt, mit concentrirter Schwefelsäure destillirt liefern sie Essigsäure und Ameisensäure.

Gewöhnliches Stärkmehl. Vorkommen.

Das **gewöhnliche Stärkmehl** $C_{12}H_{20}O_{10}$ oder die gemeine Stärke findet sich in den Samen aller Monocotyledonen: Gräser, Getreidearten, im Weizen 40—60%, in der Gerste 47%, im Roggen 40%, im Hafer 35% rc., in den Samen der meisten Dicotyledonen: Hülsenfrüchte, in den Bohnen 34—45%, Linsen 33%, Erbsen 32%, in trockenen Roßkastanien 35%, Eicheln rc., in vielen Wurzeln und Wurzelknollen, besonders den Kartoffeln (10—23%), in den Wurzeln der Orchisarten, der Zaunrübe, Aronswurzel, Zeitlose, Klette, Tollkirsche, Iris rc., im Marke einiger Palmen, wie der Sagopalme, in mehreren Blüten, wie Tropaeolum majus, Helianthus annuus, Oenothera grandiflora rc.[1]) Auch das Laubholz und dessen Rinde enthalten Stärkmehl (5—26%), am meisten im Winter, aus welch ersterem man es nach Hartig durch mechanische Mittel zu 1/4—1/5 seines Gewichts abscheiden kann. Äpfel und Birnen enthalten nur kurze Zeit vor der Reife Stärkmehl, da es nachher in Zucker übergeht[2]). Auch in unreifen Wachholderbeeren konnte es Aschoff erkennen.

Darstellung.

Um das Stärkmehl aus den verschiedenen Pflanzentheilen abzuscheiden, werden die Samen eingeweicht und zerquetscht; die Kartoffeln zerrieben; vom Holze nimmt man die getrockneten und dann feingemahlenen Sägespäne (am besten eignen sich Birke, Ahorn, Pappel und Linde dazu) oder stampft das in dünne Querscheiben zersägte Holz zu Spreu, trocknet und mahlt es und wäscht diese Substanzen mit Wasser auf Sieben aus, wo der Faserstoff zurückbleibt, während das Stärkmehl mit dem Wasser als eine milchige Flüssigkeit abfließt, aus welcher sich beim Stehen letzteres am Boden des Gefäßes absetzt. Es wird dann so oft mit frischem Wasser gewaschen, als dieses noch schmutzige Theile davon aufnimmt.

---

1) Vgl. Hünefeld in Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. Bd. 16. S. 361—367, 387—390 und von da pharm. Centralbl. 1839. S. 793.

2) Nach Hamm 16—24 Procent. Vgl. allgem. Zeitung für Land- und Forstwirthe. 1846. S. 318.

Eigenschaften

Das Stärkmehl bildet ein blendend weißes, zartes Pulver, welches beim Drücken knirscht und, unter der Lupe betrachtet, aus wasserhell durchsichtigen, farblosen, theils kugeligen, theils ovalen oder stumpfeckigen Körnern, in verschiedenen Pflanzen von verschiedener Größe, bestehend erscheint, die beim Kartoffelstärkmehl so groß sind, daß man sie schon mit bloßem Auge sehr leicht unterscheiden kann. An einer mit einem recht scharfen Rasirmesser durchschnittenen Kartoffel kann man unter dem Mikroskop erkennen, daß die Stärkekörnchen aus verschiedenen Schichten bestehen, wovon die inneren am wasserreichsten, gelatinösesten, die äußeren aber wasserärmer und derber sind. Die äußerste Schichte (Hüllensubstanz) unterscheidet sich dadurch von der inneren, daß sie etwas später von Auflösungsmitteln angegriffen wird, wahrscheinlich vermöge eingedrungener oder anhängender Spuren von Eiweiß, Fett oder Wachs. Dennoch erfolgt bei der Auflösung des Stärkmehlkorns bei der lebenden Pflanze diese Auflösung von Außen und zwar am schnellsten an den Seiten des Längendurchmessers, so daß es vor seinem gänzlichen Verschwinden zuletzt einem knotigen Stäbchen gleicht. (Schleiden).

Das Stärkmehl bäckt im feuchten Zustande zu einer nach dem Trocknen fast kreideähnlichen Masse zusammen. Mit Wasser angerührt und bis über 60° C. erwärmt, schwillt es zu einer durchscheinenden Gallerte, dem Kleister an, der mit 40 bis 50 Theilen heißem Wasser eine wirkliche Auflösung bildet, welche beim Erkalten wieder zur Gallerte gerinnt, in der 60- bis 80fachen Wassermenge aber ganz gelöst bleibt. Nach dem Eintrocknen erscheint der Kleister als eine spröde, hornartige Masse, welche gepulvert mit warmem Wasser wieder zu Kleister anschwillt. Auf einem Reibstein zerrieben bildet der Inhalt der Stärkmehlkörner schon mit kaltem Wasser eine kleisterartige Masse, durch schwaches Rösten wird die Stärke in im kalten Wasser leicht lösliches Stärkegummi verwandelt. Längere Zeit mit Wasser und Diastase erwärmt, geht sie in Krümelzucker und Stärkegummi über. Von Jod wird das gemeine Stärkmehl sowohl im ungelösten, als gelösten Zustande tiefblau, in geringerer Menge violett bis rosenroth gefärbt. Diese Färbung verschwindet beim Erhitzen einer Flüssigkeit und kommt wieder zum Vorschein beim Erkalten; auch durch Chlor, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, arsenige Säure und Quecksilberchlorid wird die Färbung verhindert oder aufgehoben.

Ausmittelung

Das sicherste und empfindlichste Reagens auf Stärkmehl ist daher eine Auflösung des Jods in Weingeist, es wird davon noch bei 100,000facher Verdünnung angezeigt. Um das Stärkmehl in den verschiedenen Theilen einer lebenden Pflanze nachzuweisen, spaltet sie Hünefeld von ihren äußersten Wurzelendigungen bis zum Blütenstand hinauf, bestreicht dann die Schnittfläche mit einer Auflösung von Jodkalium und steckt, nachdem diese aufgesogen worden, die Pflanze in ein hohes Glas, worin sich mit atmosphärischer Luft vertheiltes Chlorgas befindet, das Chlor scheidet das Jod aus dem Jodkalium im Innern der Pflanze aus, so daß es nun auf das vorhandene Stärkmehl einwirkt, wodurch die stärkmehlhaltigen

Theile blau gefärbt erscheinen [1]). Die Unterscheidung des Stärkmehls von andern ähnlichen Stoffen s. unter Dextrin S. 312.

Anwendung. Das in der Wurzel, im Winterholze und in den Samen angehäufte Stärkmehl bildet nicht blos einen der wichtigsten Nahrungsstoffe der sich entwickelnden Pflanzen und Triebe, bei deren Entstehung es sich in Gummi und Zucker verwandelt, sondern auch in Verbindung mit dem neben ihm vorkommenden Kleber, eines der am häufigsten benutzten und kräftigsten Nahrungsmittel für die Thiere; es dient ferner zur Bereitung des Kleisters, zum Stärken der Wäsche, zur Weberschlichte, zum Leimen des Papiers, zur Darstellung von Stärkegummi und Krümelzucker, das Palmen- und Kartoffelstärkmehl zur Bereitung von Sago rc.

Inulin. Das **Alantstärkmehl**, Inulin $C_{12}H_{20}O_{10}$ (Mulder aus der Wurzel von Leontodon Taraxacum und Inula Helenium) [2]) findet sich in mehreren Wurzeln, namentlich in der des Alants, Inula Helenium, und in den Knollen der Georginen. Es unterscheidet sich vom gemeinen Stärkmehl hauptsächlich dadurch, daß es sich beim Erkalten seiner heißen Lösung als zartes, weißes Pulver absetzt und von Jod gelb gefärbt wird.

Lichenin. Das **Flechtenstärkmehl**, Lichenin $C_{12}H_{20}O_{10}$ findet sich in mehreren Flechtenarten, besonders in der Cetraria islandica und wird beim Auskochen der letzteren als gelblich graue Gallerte erhalten, die zur schwarzbraunen, glänzenden, harten und spröden Masse eintrocknet, in kaltem Wasser wieder zur Gallerte aufquillt und von Jod bräunlichgrün gefärbt wird.

Steinberg glaubt jedoch aus seinen Versuchen [3]) schließen zu dürfen, daß diese Stärkmehlarten mit der gemeinen Stärke identisch seien, insofern erstere wahrscheinlich nur in Begleitung einer Substanz vorkämen, welche die gewöhnliche Reaction auf Jod hindere.

Behandelt man (nach Schnedermann und Knop) reine isländische Flechte mit viel concentrirter Schwefelsäure, so zergeht sie fast unmittelbar zu einem gleichartigen Schleim, der nach gehörigem Verdünnen mit Wasser durch ein wollenes Tuch von der rückständigen Flechte getrennt werden kann. Die durchgelaufene Flüssigkeit läßt sich nicht filtriren. Man theilt sie in zwei Theile, versetzt beide bis zu anfangender Trübung mit Weingeist, fällt den einen Theil mit (etwa 1/2 seines Volums) Weingeist, mischt und schüttelt dann beide Flüssigkeiten zusammen, seiht abermals durch ein wollenes Tuch und fällt mit Weingeist. Der auf einem Haarsieb gesammelte Niederschlag trocknet zu einer fast farblosen, durchsichtigen Masse ein, die sich in keiner Beziehung von der gewöhnlichen, gekochten und getrock-

1) Über die verschiedene Einwirkung der Joddämpfe auf das gemeine Stärkmehl je nach der Abstammung von verschiedenen Pflanzen vgl. Gobley im Journ. de Chim. méd. 1844. S. 121—125 und von da pharm. Centralbl. 1844. S. 394.

2) Aus der Wurzel von Cichorium intybus fand es Woskressensky aus $C_{24}H_{38}O_{14}$ bestehend.

3) Vgl. Journ. f. prakt. Chemie. 25. S. 379—383 und pharm. Centralbl. 1842. S. 342—352.

neten Stärke in ihrem chemischen Verhalten unterscheidet. Fällt man dagegen den salzsauren Auszug unmittelbar mit Weingeist und kocht den ausgewaschenen Niederschlag mit wässerigem Weingeist, so läßt sich durch Filtriren eine Masse abscheiden, die durch Jod nicht blau wird, und überhaupt die vom Lichenin angegebenen Eigenschaften besitzt.[1])

Gummi.

Das Gummi findet sich fast in allen Pflanzen, jedoch nicht überall von völlig gleichen Eigenschaften, doch bleibt es sich wenigstens in Folgendem gleich: Es bildet eine feste, im trockenen Zustande fast farblose und durchsichtige Masse ohne Spur von Krystallisation, ist leicht pulverisirbar, von schwachem, schleimigem Geschmack und ohne Geruch, löst sich in kaltem und kochendem Wasser zur schleimigen, klebrigen Flüssigkeit, aus welcher es durch Alkohol und Bleiessig gefällt wird, ist unlöslich in Alkohol und Äther, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, verbindet sich leicht mit Basen, schmilzt und verkohlt beim Erhitzen, und wird durch concentrirte Mineralsäuren zersetzt. Bei der Verbrennung hinterlassen alle einen Aschenrückstand und sind daher als Gemenge von reinem Gummi mit Gummaten von Kali, Kalk rc. zu betrachten. *Gummi.*

Man unterscheidet drei verschiedene, aber sämmtlich mit dem Stärkmehl isomere Arten Gummi, nämlich Dextrin, welches fast in allen Pflanzensäften enthalten ist, und zwei von beschränkterem Vorkommen, das Acacin und Cerasin.

Das **Dextrin** oder Stärkegummi $C_{12}H_{20}O_{10}$ hat man früher für ein ausschließliches Kunstprodukt aus Stärkmehl gehalten und geglaubt, das in fast allen Pflanzensäften vorkommende Gummi sei unreines Acacin, während es im arabischen Gummi im reinen Zustande vorkomme. Seitdem man aber weiß, daß das Dextrin nicht blos durch Rösten (s. S. 375) oder Behandlung des Stärkmehls oder Holzes mit Schwefelsäure (s. S. 379), sondern auch durch Einwirkung der Diastase (s. S. 354) auf Stärkmehl oder Holzsubstanz, namentlich bei der Keimung der Samen entsteht, hat man angenommen, daß das in den Samen und in den Pflanzen beim Nachlaß der Vegetation angehäufte und beim Erwachen derselben wieder verschwindende Stärkmehl gleichfalls durch Diastase in Dextrin umgewandelt werde, so daß also das in allen Pflanzen vorkommende Gummi kein Acacin, sondern Dextrin wäre, und die beiden anderen Gummiarten scheinen aus dem Dextrin entstanden zu sein. *Dextrin. Vorkommen.*

Das trockene Dextrin ist farblos, durchscheinend, wird in kaltem Wasser undurchsichtig durch Wasseraufnahme, löst sich darin zur geschmacklosen, schäumenden, schleimigen, aber weniger bindenden Flüssigkeit, als die Auflösung von arabischem Gummi, nicht aber in Alkohol und Äther. Seine Auflösung besitzt das Drehungsvermögen für die Polarisationsebene der *Eigenschaften.*

---

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 55. S. 144—166 und von da pharm. Centralbl. 1845. S. 833—841 u. 858—861.

Lichtstrahlen nach rechts in hohem Grade, daher der Name Dextrin[1]). Sie wird durch Alkohol und basisch essigsaures Bleioxyd, nicht aber durch schwefelsaures Eisenoxyd gefällt, wodurch sie sich von Gummiarabicumlösung unterscheidet, und nicht von Jodtinctur gebläut, wodurch sie sich von Stärkmehlauflösung unterscheidet. Außerdem unterscheidet sich das Dextrin aber auch noch vom arabischen Gummi, daß es durch Kochen mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure, oder durch Erwärmen mit Malz oder Diastase in Krümelzucker verwandelt wird, letzteres aber nicht. Durch Salpetersäure wird es nicht, wie das arabische Gummi, in Schleimsäure, sondern in Oxalsäure verwandelt.

Ausmittelung des Dextrins.

Zur Unterscheidung des Dextrins von arabischem Gummi, Stärke und Pflanzenschleim, Trauben-, Schleim- und Rohrzucker, eignet sich am besten schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol). Man löst nach Trommer etwas von letzterem in Wasser auf, macht die Lösung mit Ätzkali schwach alkalisch, doch so, daß sie Curcuma bräunt. Man bringt einige Tropfen der aufgerührten, nun Kupferoxydhydrat enthaltenden Probeflüssigkeit in die zu untersuchende Auflösung. Durch die Lösung des arabischen Gummi erleidet das Kupferoxydhydrat selbst in der Siedhitze keine Veränderung, das gummisaure Kupferoxyd widersteht der Zersetzung; war dagegen die Flüssigkeit bloßes Wasser, so geht beim Erhitzen die blaue Farbe des Kupferoxydhydrats (durch Verlust des Hydratwassers) in Schwarz über.

Stärke und Pflanzenschleim verhalten sich wie das arabische Gummi. Doch läßt sich die Stärke leicht durch Jod, Pflanzenschleim aber daran erkennen, daß er nicht wie das arabische Gummi von kieselsaurem Kali, schwefelsaurem Eisenoxyd und salpetersaurem Quecksilberoxydul gefällt wird.

Dextrinauflösung verwandelt das Kupferoxydhydrat beim Erhitzen in rothbraunes Kupferoxydul.

Rohrzuckerauflösung verhält sich ebenso, Krümel- und Schleimzucker bewirkt aber diese Veränderung nach mehreren Stunden schon bei gewöhnlicher Temperatur, unter allmäliger Entfärbung der Flüssigkeit.

---

1) Bezeichnet man die Drehung nach rechts mit +, die nach links mit —, so ergibt sich für den Winkel, um welchen eine Auflösung nachstehender Substanzen die Polarisationsebene dreht, folgendes Verhältniß:

Rohrzucker	+ 0°,7
Stärkezucker	+ 0°,4775
Dextrin	+ 1,5325
Fruchtzucker	— 0,2215
Milchzucker	+ 0,5225

Über die Untersuchung dieser Substanzen mit dem Polarisationsapparat findet sich eine Anweisung nebst Abbildungen in Mitscherlich's Lehrb. d. Chemie. I. 4. Aufl. Berlin 1844. S. 360—366. Vgl. auch Mitscherlich in Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 59. S. 96; Bentzke im Journ. f. prakt. Chemie. 28. S. 129; Berzelius' Jahresbericht. 24. Jahrg. u. Dingler's polytechn. Journ. 76. S. 379, 84. S. 271, 102. S. 304 u. 311.

Macht man aber die Rohrzuckerlösung zuerst alkalisch und setzt dann erst die Kupferlösung zu, so bleibt sie auch beim Kochen blau.

Bei Mannazucker bleibt die Fällung auch beim Erhitzen völlig aus. (Stenhouse).

Der Rohrzucker wird ferner von concentrirter Schwefelsäure verkohlt und durch Erwärmen mit etwas verdünnter Säure in eine braune unlösliche Substanz verwandelt; der Krümelzucker dagegen löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit schwach gelblicher oder bräunlicher Farbe auf und bildet damit eine durch Barytsalze nicht mehr fällbare Verbindung (Zuckerschwefelsäure). Alkalien aber ändern verdünnte Auflösungen von Rohrzucker selbst beim Sieden nur allmälig, während sie beim Traubenzucker augenblicklich die Entstehung einer braunen oder braunschwarzen Materie bewirken, in welche sich bei Anwendung von Kalihydrat die ganze Menge des Krümelzuckers verwandelt.

Mannazucker löst sich in concentrirter Schwefelsäure bei gelinder Wärme ohne Zersetzung; erst bei größerer Hitze wird die Flüssigkeit dunkelbraun ohne Trübung. Rohrzucker entwickelt dagegen schon bei der gelindesten Erwärmung mit Schwefelsäure schweflige Säure. In kochender Kali- oder Natronlauge löst sich der Mannazucker ohne Färbung auf. (Stenhouse).

Durch Jod wird Dextrinlösung in der Kälte kaum verändert, aber schon bei schwachem Erwärmen grün, bei starkem Kochen olivenfarbig.

Bedeutung des Dextrins im Pflanzenorganismus.

Das Dextrin ist ein sehr wichtiger Bestandtheil der Pflanzensäfte und für die Entwickelung der Pflanzen unentbehrlich, während die beiden folgenden Gummiarten für die Pflanze selbst ganz unwichtige Produkte sind. Da die Bildung des Zellstoffs einer im Wasser unauflöslichen Substanz in den verschiedensten Theilen der Pflanze erfolgt und derselbe nur aus einer Substanz entstehen kann, welche durch eine Flüssigkeit zugeführt wird und die Poren der Zellen durchbringt, also auflöslich sein muß, so kann wohl hierzu kein anderer Stoff verwendet werden, als das Dextrin, und bei jungen Pflanzentheilen nebst ihm der Zucker. Aber auch letzterer und nicht blos der Zellstoff, sondern auch die anderen Pflanzenprodukte und das Stärkmehl selbst wieder müssen aus dem Dextrin entstehen; es ist demnach für die Pflanzen der wichtigste Stoff, ungefähr was das Protein für die Thiere. Dextrin + Wasser = $2\,(C_{12}H_{20}O_{10}) + \dot{H}$ = Cellulose. Das Stärkmehl entsteht daraus blos durch isomerische Umsetzung, ebenso das arabische, Senegal- (Acacin), Pflaumen- und Kirschgummi (Cerasin), welche sämmtlich isomer sind, der Rohr- oder Krümelzucker blos durch Aufnahme oder Abscheidung von Wasser.

Das Dextrin gehört unter die Nahrungsstoffe, der Magensaft bildet dasselbe aus Stärkmehl und Cellulose.

Anwendung.

Man benutzt das Dextrin zum Versatz von Farben und Beizen für den Zeugdruck, zum Verdicken der Farben in der Tapetenfabrikation, zu Chocolade und andern Zwecken.

Acacin.

Das **Acacin** oder **Arabin** $C_{12}H_{20}O_{10}$ (Mulder), welches mehr als ein Ausscheidungsprodukt der Pflanzen erscheint, kommt ziemlich rein vor als arabisches oder Mimosen-Gummi, der freiwillig ausgeflossene, eingetrocknete Saft mehrerer Acacien- oder Mimosenarten, und das dem vorigen chemisch identische Senegalgummi aus Acacia Senegal, welches im Handel ebenfalls unter dem Namen arabisches Gummi vorkommt. Seine Auflösung wird durch kieselsaures Kali gefällt, gibt mit Boraxlösung ein durchscheinendes Coagulum, mit Eisenchlorid eine braune Gallerte und wird durch Salpetersäure in Schleimsäure verwandelt. Die Ausmittelung des Acacins vgl. unter Dextrin S. 312.

Cerasin.

Das **Cerasin** $C_{12}H_{20}O_{10}$ bildet den in Wasser löslichen Theil des aus den Bäumen der Gattung Prunus ausschwitzenden Kirschgummis, seine Auflösung wird weder von kieselsaurem Kali, noch von Borax oder Eisenchlorid gefällt, sonst stimmt es so ziemlich mit dem vorigen überein.

Pflanzenschleim.

Pflanzenschleim.

Der **Pflanzenschleim**, **Bassorin** oder **Pektin** $C_{24}H_{19}O_{19}$ (Mulder) ist gleichfalls ein im Pflanzenreiche sehr verbreiteter Stoff; er findet sich theils rein, theils mit Kali- und Kalksalzen verbunden, oder mit Gummi gemengt besonders im Traganth- und Kirschgummi, in der Eibisch- und Salepwurzel, in den Quitten- und Leinsamen, im Safte vieler Rüben, der Äpfel, Quitten, Pflaumen, Kirschen, Johannisbeeren und anderer Obstarten.

Man erhält ihn durch bloßes Auspressen vieler solcher Pflanzentheile mit Wasser, oder durch Behandlung des ausgepreßten Saftes mit Kalilauge, Auswaschen oder Fällen derselben mit Alkohol.

Er ist bald neutral und gallertartig (**Pektin**), bald neutral und schleimig (**Pflanzenschleim**), bald gallertartig und sauer (**Pektinsäure**), vertrocknet zur durchscheinenden, harten, geruch- und geschmacklosen Masse, welche in kaltem Wasser aufquillt, sich aber (mit Ausnahme der schleimigen Modification) weder in kochendem Wasser, noch in Alkohol oder Äther auflöst, reagirt nicht auf Pflanzenfarben, verbindet sich leicht mit Basen und Salzen, löst sich unverändert in Alkalien auf, wird durch Erhitzen mit verdünnten Säuren in Dextrin und Krümelzucker verwandelt, zersetzt sich im feuchten Zustande sehr bald in warmer Luft, schmilzt und verkohlt beim Erhitzen und wird durch Salpetersäure in Schleimsäure verwandelt [1]).

---

1) Umfassende Arbeiten über Pektin nebst Ansichten über seine Entstehung und Veränderung, über das Reifen, Mehlig- und Teigigwerden der Früchte rc. finden sich von Mulder im pharm. Centralbl. 1838. S. 327—340 aus Bulletin de Néerlande. 1838. S. 13—18 und ebendas. S. 500—503 aus Natur-en Scheikundig Archief. 1837. S. 575—593; von Frémy ebendas. S. 705—714 aus Journ. de pharm. 1840 Mai. S. 366—393; von Schmidt l. c. 1844. S. 785. 790 u. 806—810 aus Ann. d. Chem. u. Pharm. 51. S. 29—62; von Chodnew ebendas. 1845. S. 49—54 u. 65—73 ebendaher 51. S. 355—395; von Jahn l. c. 1846. S. 401—409 aus Archiv d. Pharm. 2. R. 45. S. 24—43 u. 129—172.

Er ist einer der kräftigsten Nahrungsmittel. Die Unterscheidung des Pflanzenschleims von anderen ähnlichen Stoffen s. unter Dextrin S. 312.

Zucker.

Der Zucker kommt vorzugsweise im Pflanzenreiche und zwar in allen Theilen der Pflanze, namentlich in der Wurzel, im Stamme, in den Honiggefäßen der Blüte und in den Früchten vor, im Thierreiche in der Milch, im Honig, im Blute der Thiere, in um so größerer Menge, je mehr sie Stärkmehl genießen, und zuweilen als Krankheitsprodukt im Harn. Zucker.

Die verschiedenen Arten des Zuckers stimmen darin überein, daß sie krystallisirbar, von süßem Geschmack, in Wasser und wässerigem Weingeist löslich sind. Einige derselben gehen mit Hefe oder anderen stickstoffhaltigen Körpern versetzt, in Gährung über und liefern Weingeist und Kohlensäure, andere unterliegen dieser Zersetzung nicht. Man theilt deshalb den Zucker ein in gährungsfähigen und gährungsunfähigen, den ersteren wieder in gemeinen Zucker, Krümelzucker und Milchzucker rc.; ein gährungsunfähiger Zucker ist der Mannit oder Mannazucker. Die Eintheilung in krystallisirbaren und nichtkrystallisirbaren Zucker ist unstatthaft, weil der einzige nichtkrystallisirbare Zucker, der Schleimzucker, keine eigene Zuckerart, sondern blos ein Zersetzungsprodukt des krystallisirbaren ist. Vgl. unter Rohrzucker.

Der **gemeine** oder **Rohrzucker** $C_{12}H_{22}O_{11} + \dot{H}$ findet sich vorzüglich im Zuckerrohr, im Mais, im Ahorn, in Melonen und Kürbissen, in den Wurzeln der Geschlechter Beta, Daucus, Althaea rc. Rohrzucker.

Man stellt ihn dar, indem man den frisch ausgepreßten Zuckersaft mit Kalkmilch klärt, abdampft, krystallisiren und die süße Mutterlauge (**Melasse**) ablaufen läßt. Der so erhaltene, noch stark braun gefärbte Rohzucker wird durch Wiederauflösen, Klären mit Kalk, Eiweiß und Thierkohle gereinigt, wieder zur Krystallisation abgedampft und dadurch von dem letzten Antheil Melasse gereinigt, daß man aus darauf gelegtem feuchten Thon allmälig Wasser durchsickern läßt (deckt).

Gewöhnlich sucht man, um den Zucker möglichst auflöslich zu machen, die Bildung großer Krystalle zu verhindern, indem man den Saft abdampft, bis er zwischen den Fingern Faden zieht, und ihn in flachen Gefäßen unter Umrühren rasch abkühlt. Er bildet dann eine weiße, körnige Masse (**Hutzucker**). Bei schwächerem Verdunsten und langsamer Abkühlung erhält man große Krystalle (**Kandis**).

Der Rohrzucker krystallisirt in großen, aber kurzen, farblosen, schiefen rhombischen, gewöhnlich sechsseitigen Säulen, welche beim Reiben oder Stoßen im Finstern phosphoresciren. Er schmilzt bei 180° C. zu einer farblosen Flüssigkeit, die nach dem Erkalten zu einer amorphen Masse (**Gerstenzucker**) erstarrt, bei 200° verwandelt er sich in eine braune, unkrystallisirbare, an der Luft zerfließende Masse, den **Schleimzucker** (Melasse) [1]. Schleimzucker Melasse.

---

1) Die braune Farbe kommt indeß nach Soubeiran nicht dieser Modification des Zuckers selbst zu, sondern ist erst eine Folge der weiteren Zersetzung des

Noch schneller erfolgt diese Umwandlung beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure und selbst schon mit kleinen Mengen organischer Säuren, welche sich mit dem Zucker verbinden, ohne ihm seinen süßen Geschmack zu nehmen, lassen sich aber davon durch Alkalien nicht mehr trennen. Dies ist die Ursache, warum man aus sauer reagirenden zuckerhaltigen Pflanzensäften keinen krystallisirbaren Zucker erhält. Man hat ihn früher als eine eigene Zuckerart betrachtet, und **Fruchtzucker** genannt, allein er ist nichts Anderes, als ein Zersetzungsprodukt von krystallisirbarem Zucker durch Wärme oder Säuren. Der beim Raffiniren des Rohrzuckers abfallende Syrup (**holländischer Syrup**, Melasse) enthält durch Alkalien entstandene Zersetzungsprodukte des Zuckers. Gegen schwefelsaures Kupferoxyd verhält er sich wie Krümelzucker. Vgl. unter Dextrin S. 312.

Bei 220° geht der Zucker unter Aufblähen und Entwickelung eines gewürzhaft riechenden Dampfes in eine schwarze, glänzende, unschmelzbare, in Wasser, nicht aber in Alkohol lösliche, geschmacklose Substanz (**Caramel**) über, welche, nach stärker erhitzt, eine glänzende, poröse Kohle hinterläßt. Er löst sich leicht in Wasser und um so leichter in Weingeist, je mehr dieser Wasser enthält. Er verbindet sich mit mehreren Basen, reducirt Metalloxyde, wird durch verdünnte Schwefelsäure in Krümelzucker und Humus, durch Salpetersäure in Sauerkleesäure und Zuckersäure verwandelt. Durch Arsensäure färbt sich Zuckersyrup nach einigen Stunden rosen-, dann purpurroth, die Färbung wird durch Säuren und Alkalien nicht verändert.

Man erkennt den Rohrzucker leicht 1) am Geschmack, 2) an der Fähigkeit, mit Hefe in Weingeist überzugehen unter Entwickelung von Kohlensäure, aus deren Menge er sich auch annähernd quantitativ bestimmen läßt, 3) an seinem Verhalten zu Kupferoxydhydrat (s. S. 312), am deutlichsten aber 4) mittelst der Probe von Pettenkofer: Man entfernt durch Kochen mit Weingeist etwa vorhandenes Albumin, überzeugt sich durch Jod von der Abwesenheit des Stärkmehls, welches bei dieser Probe ebenso reagirt, wie Zucker, und wovon derselbe dann erst durch Eintrocknen und Ausziehen mit Weingeist zu trennen wäre, zersetzt dann eine wässerige Lösung von Ochsengalle allmälig (damit die Temperatur nicht viel über 60° C. steige) mit concentrirter Schwefelsäure, bis sich der Anfangs entstehende Niederschlag wieder aufgelöst hat, gießt dann etwas von der auf Zucker zu prüfenden Flüssigkeit zu und schüttelt um. Ist auch nur sehr wenig Zucker vorhanden, so tritt je nach seiner Menge eine schwächere oder stärkere violettrothe Färbung ein. Diese Probe ist noch empfindlicher, als die mit Kupferoxydhydrat, auch wirken hier nicht etwa vorhandene Ammoniaksalze störend, deren durch Ätzkali frei gewordenes Ammoniak das Kupferoxydul lösen könnte, so daß man gar keinen Niederschlag erhält.

---

unkrystallisirbaren Zuckers. Über die Veränderungen des in Wasser gelösten Zuckers bei verschiedenen Temperaturen vgl. Soubeiran, Journ. de pharm. 1842. S. 1—14 u. 89—104, oder pharm. Centralbl. 1842. S. 520—525 u. 527—530.

Der Rohrzucker unterscheidet sich vom Krümelzucker durch seine leichte Krystallisirbarkeit und weit intensivere Süße. Die chemische Unterscheidung von anderen Zuckerarten s. S. 312 und 313.

Sein Gebrauch zum Versüßen der Speisen und Getränke und zum Aufbewahren von Pflanzen- und Thierstoffen ist bekannt.

Der **Krümelzucker**, Trauben-, Frucht- oder Stärkmehlzucker $C_{12}H_{24}O_{12}$ findet sich in vielen süßen Früchten, Weintrauben, Feigen, Aprikosen, Äpfeln, Birnen, Pflaumen, Johannisbeeren, Himbeeren, Wachholderbeeren, im Honig ꝛc., die ihm ihren süßen Geschmack verdanken, im Honig der Bienen, im Blute der Thiere und im Harn der Harnruhrkranken. Künstlich erhält man ihn durch Behandlung von Stärkmehl mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, mit Malz oder Diastase. Er krystallisirt mit 2 Atomen Wasser selten in kleinen vierseitigen Tafeln, gewöhnlich in blumenkohlartig gruppirten Blättchen, er schmeckt mehlig und $2\frac{1}{2}$ Mal weniger süß, als der gemeine Zucker, löst sich in etwas mehr als seinem gleichen Gewichte kaltem Wasser, auch in Weingeist ist er schwieriger löslich, als der gemeine Zucker. Er schmilzt schon bei 100° C. unter Wasserverlust, zieht aber das verlorne bald wieder aus der Luft an und erstarrt damit zur körnigen Masse, er geht schon bei 104° in Caramel über.

Krümelzucker

Man erkennt den Krümelzucker wie den Rohrzucker. Über die Unterscheidung desselben vom Rohrzucker und andern Substanzen s. S. 312.

Er wird gleichfalls als Versüßungsmittel, häufiger aber zur Erzeugung des Weins, Biers und Branntweins benutzt.

Der **Milchzucker** kommt im Pflanzenreiche nicht vor.

Der **Mannazucker**, Schwammzucker oder Mannit $C_6H_{14}O_6$ bildet den Hauptbestandtheil der Manna, einer bräunlichgelben, schwach klebrigen Masse, die aus mehreren Eschenarten, namentlich der Mannaesche, und aus den Lerchenbäumen ausschwitzt. Auch in einigen Schwämmen und Algen, in den Quecken- und Selleriewurzeln findet er sich.

Mannazucker.

Er entsteht wahrscheinlich durch Zersetzung von Rohr- oder Traubenzucker in den Pflanzen. So entsteht er z. B. aus dem Safte der Runkelrüben oder Zwiebeln, wenn er bei einer höheren Temperatur gährt (s. Schleimgährung) und bei der Umwandlung des Stärkmehls in Traubenzucker durch Schwefelsäure. Nach Mitscherlich enthalten selbst Manna liefernde Pflanzen, wie Tamarix gallica var. mannifera Ehrenb. gar keinen Mannit, sondern nur Traubenzucker, daher auch der Streit über den Mannitgehalt der Queckenwurzel, worin Pfaff Mannit fand und dessen Extrakt Völker voll Krystalle sah, die sich als Mannit erwiesen, während ihn Andere darin nicht finden konnten.

Man erhält ihn durch Ausziehen der Manna mit Weingeist. Er krystallisirt leichter als alle anderen Zuckerarten und zwar in dünnen, farblosen, vierseitigen Prismen, schmeckt schwach süß, ist leicht löslich in Wasser, schmilzt bei 100° C. ohne Wasserverlust, wird durch verdünnte Säuren nicht in Krümelzucker, durch Salpetersäure aber in Oxal- und Zuckersäure, nicht aber in Schleimsäure verwandelt. Mit concentrirter Arseniksäure färbt

er sich ziegelroth. Von den anderen Zuckerarten unterscheidet er sich vorzüglich durch seine Gährungsunfähigkeit und das beim Dextrin (S. 313) angegebene Verhalten.

Er hat im reinen Zustande noch keine Anwendung gefunden, wohl aber die ihn enthaltende Manna als Arzneimittel.

Fette.

Fette. Man versteht unter **Fett** eine große Menge von Stoffen, welche sowohl im Pflanzen-, als im Thierreiche häufig vorkommen und in ihrer chemischen Zusammensetzung darin übereinstimmen, daß sie viel Kohlenstoff und Wasserstoff, wenig Sauerstoff und keinen Stickstoff enthalten. Man theilt sie nach ihrer Consistenz in flüssige Fette, oder **fette Öle**, in halbfeste oder schmierige Fette von Salbenconsistenz, **Butterarten** oder **Fett** im engeren Sinne, und in feste, trockene Fette, **Talge** und **Wachsarten**. Sie unterscheiden sich außer ihrer Consistenz und chemischen Zusammensetzung wenig von einander.

Sie krystallisiren in der Kälte oder aus Auflösungen in kochendem Alkohol in weißen, glänzenden Schuppen und Blättchen, sind im reinen Zustande farblos und durchscheinend, geruch- und geschmacklos, sämmtlich leichter als Wasser, machen Papier und Leinwand bleibend durchscheinend, leiten Elektricität und Wärme schlecht, schmelzen meist unter 100° C. ohne Zersetzung, verflüchtigen sich aber nur im luftleeren Raume theilweise unzersetzt, sie lösen sich in Wasser nicht auf, lassen sich aber mit Hülfe schleimiger Substanzen, wie Gummi, Eigelb im Wasser so vertheilen, daß sie Tage lang damit gemengt (in Suspension) bleiben und eine milchige Flüssigkeit, **Emulsion** bilden. Ölhaltige Samen geben auch ohne Gummi mit Wasser Emulsionen, da sie außer Eiweißstoff auch Schleim (Emulsin) enthalten. Die meisten lösen sich in kochendem Alkohol auf, aus dem sie sich beim Erkalten wieder ausscheiden, alle lösen sich in Äther und flüchtigen Ölen. Sie verändern im reinen Zustande Pflanzenfarben nicht, verwandeln sich aber an der Luft allmälig in Fettsäuren, wo sie dann Lackmus röthen.

Bei der trockenen Destillation lassen sich einige derselben unverändert verflüchtigen, andere zersetzen sich dabei in verschiedene Gase, Fettsäure und andere flüssige Produkte. Sehr schnell erhitzt, oder mit glühenden Körpern zusammengebracht, verkohlen sie unter Entwickelung von Leuchtgas. Durch concentrirte Mineralsäuren werden sie meist in Fettsäuren zersetzt. Durch Alkalien und andere Oxyde werden sie gleichfalls in Fettsäuren verwandelt, die sich mit den Basen verbinden (**verseifen**), und in einen ölartigen, zuckersüßen, in Wasser löslichen, nicht krystallisirbaren Stoff, **Glycerin** (C_3H_4O).

Fette Öle. Die **fetten Öle** gehören vorzugsweise dem Pflanzenreiche an und finden sich in den Samen vieler Pflanzen, vorzüglich in den Samenlappen mit Schleim und Eiweiß, wie beim Flachs, Hanf, Mohn, Reps, Leindotter, bei der Sonnenblume, Mandel, Wall- und Haselnuß rc., seltener

in dem die Samen umhüllenden Fleisch, wie bei den Oliven, auch in den Fruchtkernen, wie in den Weinkernen.

Darstellung. Um die Öle aus den Samen zu erhalten, zerquetscht man sie und preßt sie aus. Geschieht letzteres bei gewöhnlicher Temperatur, so erhält man das Öl nicht alles und eiweißhaltig. Man preßt daher zwischen erwärmten Platten, wodurch das Eiweiß gerinnt, da aber hierbei das Öl leicht mit brenzlichen Theilen verunreinigt wird, so bewirkt man die Erwärmung mittelst Dampf. Von den Schleimtheilen und Extraktivstoff befreit man das Öl durch Ablagern, durch Salzwasser, welches den Extraktivstoff in sich aufnimmt, oder indem man es mit ½—1½% concentrirter Schwefelsäure zusammenrührt und dann etwa ¼ Gewichtstheil Wasser zusetzt, wobei der Extraktivstoff eine unlösliche Verbindung mit der Schwefelsäure bildet und sich in Flocken absetzt. Bei chemischen Untersuchungen gewinnt und reinigt man fette Öle auch durch Auskochen mit Wasser, wobei es sich auf der Oberfläche ansammelt.

Eigenschaften. Durch künstliche Abkühlung oder durch Auflösen in kochendem Alkohol lassen sich die meisten Öle noch in drei verschiedene Fettstoffe trennen, in einen flüssigen, **Elaïn** oder Oleïn, und zwei feste, wovon der eine wachsartig: **Stearin** oder Talgstoff, der andere butterartig ist: **Margarin**. Aus einer Auflösung in kochendem Weingeist krystallisirt beim Erkalten zuerst das Stearin, dann das Margarin in Blättchen heraus, während das Elaïn im kalten Alkohol gelöst bleibt. Bei der Verseifung der Öle verwandeln sich dieselben in drei entsprechende Säuren: **Elaïn**- oder Oleïn- ($C_{14}H_{80}O_4$), **Stearin**- ($C_{68}H_{132}O_5$) und **Margarinsäure** ($C_{68}H_{132}O_6$).

Das specifische Gewicht der fetten Öle steht zwischen 0,913 und 0,963, ihre Consistenz und ihr Gefrierpunkt sind sehr verschieden. Sie kommen bei 300° C. ins Kochen, entwickeln dabei Wasserdämpfe, Kohlensäure und werden später vollkommen zersetzt.

Einige fette Öle, wie Lein-, Hanf-, Mohn-, Wallnuß-, Sonnenblumenkern-, Leindotter-, Kürbis- und Traubenkern-, Tabak-, Rothtannensamen- und Ricinusöl trocknen in dünnen Lagen der Luft ausgesetzt, zu einer zähen, durchscheinenden, gelblichen Masse ein, heißen deshalb **trocknende Öle** und werden auch deshalb zu Firnissen und Ölfarben verwendet. Die anderen, **nicht trocknenden**, wie das Baum- oder Oliven-, das Kohlsaat-, Reps-, Buchecker-, Haselnuß-, Mandel-, Pflaumen-, Kirsch- und Apfelkern-, Erdnuß- und Behennußöl verdicken sich auch an der Luft, bleiben aber stets schmierig und halbflüssig, werden sauer und ranzig.

Beim Eintrocknen und Ranzigwerden nehmen die Öle viel Sauerstoff auf, wobei sie sich oft so erhitzen, daß sie sich in Berührung mit porösen brennbaren Stoffen entzünden können und entwickeln dabei Kohlensäure und Wasserstoff.

Mit concentrirter Salpetersäure erhitzen sich manche fetten Öle gleichfalls bis zur Entzündung.

Butter. **Die Butterarten** oder Fette im engeren Sinne gehören größtentheils dem Tierreiche und nur einige wenige, wie Palm-, Cocosnuß- und Lorbeeröl, Muskatnußbutter ꝛc. dem Pflanzenreiche an. Außer ihrer Consistenz stimmen sie so ziemlich mit den Ölen überein, nur die Butter im engeren Sinne, wie sie in der Milch der Säugethiere vorkommt, besteht außer Stearin und Elaïn noch aus **Butyrin**; letztere Fettart oxydirt sich an der Luft zu Buttersäure, welche der Butter einen ranzigen Geruch ertheilt.

Talg. **Talge** heißen jene Fettarten, bei denen das Stearin vorwaltet. Sie kommen im Thierreiche, namentlich bei den Wiederkäuern vor. Im Pflanzenreiche findet sich jedoch ein ähnliches Fett, die sogenannte Cacaobutter, welche man durch warmes Auspressen der Cacaobohnen erhält und einen Bestandtheil der Chocolade ausmacht.

Wachs. Ein anderes festes Fett, welches sich schon in seinem Äußeren vom Talg durch seine größere Härte und von allen übrigen Fettarten dadurch unterscheidet, daß es sich weit weniger schmierig, fettig, sondern mehr klebrig anfühlt, ist das **Wachs**. Es findet sich mit Harz, Chlorophyll und anderen Stoffen gemengt häufig im Pflanzenreiche, wo es die glänzenden Überzüge der Blätter, Stengel und Früchte, der Blumenstaub ꝛc. enthalten. Besonders reichlich findet es sich in der Rinde der Wachspalme (Ceroxylon andicola), in den Beeren des Wachsstrauches (Myrica cerifera) u. dgl. Das Wachs der Bienen ($C_{19}H_{10}O_2$ Gerhardt) schwitzt zwischen den Bauchringen derselben aus, ist aber durch den Lebensprozeß fast gar nicht verändert. Übrigens haben Beobachtungen nachgewiesen, daß die Bienen auch Wachs aus ganz reinem Honig erzeugen.

Man gewinnt das Wachs meist durch Auskochen des Bienenwachses, Umschmelzen und Bleichen an der Sonne. Aus den Wachholderbeeren und den Knospen der Schwarzpappel erhält man Wachs durch Auskochen mit Weingeist.

Beim Behandeln des Bienenwachses mit kochendem Alkohol bleibt **Myricin**, ein unverseifbares, erst in 200 Theilen kochendem Alkohol lösliches Wachs zurück. Das in 16 Th. kochendem Alkohol lösliche **Cerin** fällt beim Erkalten nieder, und bildet mit Alkalien eine Seife, die margarin- und ölsaures Alkali und Ceraïn enthält.

Das Pflanzenwachs ist weicher, leichter schmelz- und verseifbar als Bienenwachs. Es enthält kein, oder sehr wenig Myricin und löst sich daher vollständig in kochendem Alkohol.

Das Wachs löst sich nicht in kaltem, aber in 10 Th. kochendem Äther und in erwärmten ätherischen und fetten Ölen auf.

Untersuchungen über verschiedene Wachsarten von Lewy s. Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. Tom. 13. S. 438—460; pharm. Centralbl. 1845. S. 417—422; über Bienenwachs von Gerhardt l. c. 15. S. 236—249; l. c. S. 841—844.

Ätherische oder flüchtige Öle.

Ätherische Öle. Vorkommen.

Die ätherischen oder flüchtigen Öle kommen vorzugsweise im Pflanzenreiche vor, nur wenige derselben im Thierreiche und Mineralreiche. Sie finden sich theils in einzelnen, theils in allen Theilen gewisser Pflanzen, in Wurzeln, Rinden, Blüten (Kelchen, Blumenblättern), Samen, Schalen der Früchte, in kleinen Bälgen, Schläuchen eingeschlossen, in den Kernen und Blättern. In einer Pflanze kommen in verschiedenen Theilen oft verschiedene flüchtige Öle vor. Sie ertheilen den Pflanzen ihren eigenthümlichen Geruch. Im Thierreiche bilden sie noch wenig untersuchte Riechstoffe und im Mineralreiche ist besonders das Steinöl bemerkenswerth, welches an manchen Orten aus dem Boden hervorquillt.

Einige entstehen durch trockene Destillation, wie die empyreumatischen oder brenzlichen Öle.

Darstellung.

Die meisten ätherischen Öle werden durch Destillation der ölhaltigen Pflanzenstoffe mit Wasser erhalten. Man übergießt die frische oder trockene Substanz mit 8—10 Gewichtstheilen Wasser und destillirt den größten Theil desselben ab, oder man leitet Wasserdämpfe über die zuvor mit Wasser macerirten Substanzen. Das in der Vorlage erhaltene Wasser erscheint milchig, indem es das bei höherer Temperatur aufgenommene Öl wieder größtentheils abscheidet, und man findet später letzteres je nach seinem specifischen Gewichte auf der Oberfläche oder unter dem Wasser angesammelt. Nur wenige ätherische Öle können durch Auspressen erhalten werden.

Eigenschaften.

Die meisten ätherischen Öle sind bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssig, nur wenige, wie der Kampher, fest, oder butterartig, wie das Beifuß-, Kamillen- und Hollunderblütenöl, aber dann leicht schmelzbar; die meisten sind frisch bereitet gelblich gefärbt oder farblos, wie das Terpentin- und Wachholderöl, manche gelb, wie das Kümmel- und Kalmusöl, braun, wie das Nelken- und Spanischhopfenöl, roth, wie das Krausemünz- und Sadebaumöl, oder grün, wie das Salbei- und Wermuthöl, am seltensten, wie das Kamillen-, Schafgarben- und Wohlverleih- (Arnica montana) Öl, blau. Sie besitzen alle einen ausgezeichneten Geruch und scharfen brennenden Geschmack und fühlen sich nicht wie die fetten Öle schlüpfrig, sondern rauh an. Sie erzeugen auf Papier und Leinwand einen durchscheinenden Fleck, der aber beim Erwärmen verschwindet. Die meisten sind leichter, einige aber schwerer als Wasser. In der Kälte scheiden sich die meisten in eine feste Substanz, Stearopten und eine flüssige, Eläopten, welche selbst bei strenger Kälte nicht gesteht. Bei Manchen ist das Stearopten so vorscheinend, daß sie bei gewöhnlicher Temperatur fest sind. Das Anisöl gesteht bei + 100° C., wird aber erst bei + 17° wieder flüssig, das Rosenöl schmilzt erst bei + 28 bis 30°. Bei Andern fehlt das Eläopten ganz, welche dann oft erst weit über dem Wassersiedepunkt schmelzen. Sie heißen Campher.

Im Wasser sind sie etwas löslich, so daß sie ihm ihren eigenthümlichen Geruch ertheilen, im wässerigen Weingeist lösen sie sich nur, wenn sie sauer-

stoffhaltig sind und zwar um so leichter, je mehr Sauerstoff sie enthalten; in absolutem Alkohol, Äther, fetten Ölen und in concentrirter Essigsäure lösen sie sich leicht; sie lösen Fette, Harze, einige Farbstoff, Pflanzenbasen und in der Wärme auch Schwefel und Phosphor auf, scheiden aber letztere beim Erkalten wieder aus. Die meisten sieden erst bei 150—160° C., lassen sich aber mit Wasserdämpfen schon bei niedrigeren Temperaturen verflüchtigen.

Für sich destillirt werden sie zum Theil zersetzt. Durch die Einwirkung des Lichtes und der Luft werden die meisten unter Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureentwickelung dunkler, dickflüssiger, verlieren von ihrem Geruch und verwandeln sich in Essigsäure, Benzoësäure und Harz. Sie lassen sich leicht entzünden, manche selbst durch Chlorgas und rauchende Salpetersäure, und verbrennen mit heller, stark rußender Flamme. Durch Kochen mit concentrirter Salpetersäure verwandeln sie sich in Sauerkleesäure und Benzoësäure, durch Schwefelsäure in eine schwarzbraune harzige Masse, mit Salzsäure bilden einige, wie Terpentin- und Citronenöl, feste Verbindungen, zu Basen haben sie geringe Verwandtschaft, von mehreren aber wird Ammoniakgas verschluckt.

Nach ihrer chemischen Zusammensetzung theilt man sie in sauerstofffreie, sauerstoffhaltige und schwefelhaltige.

Sauerstofffreie ätherische Öle.

Die sauerstofffreien ätherischen Öle sind sämmtlich unter einander polymer in dem Verhältnisse von 8 Atomen Wasserstoff zu 5 At. Kohlenstoff, und hiervon wieder drei isomer, nämlich das Terpentinöl[1]), Wachholderöl und das ätherische Öl des Birkentheers = $C_{10}H_{16}$ und diese demnach polymer mit Petersilien-, (Löwig und Weidmann[2]) Sadebaum-, Citronen- und Copaivabalsamöl, welche gleichfalls unter sich isomer sind, nämlich = C_5H_8. Auch das indifferente Nelken- und Baldrianöl, das Öl der Pomeranzenblüten und -Schalen, das Apfelsinen- und Pfefferöl gehören zu dieser Gruppe. Das Steinöl kommt von verschiedener Zusammensetzung vor, so ist das weniger flüchtige von 0,836 specifischem Gewicht = C_3H_5, das flüchtigere von 0,794 specifischem Gewicht = CH_2. Einige anderen sind Produkte der trockenen Destillation.

Das Terpentinöl, welches man durch Destillation des aus der Rinde der Lerchenbäume schwitzenden dickflüssigen Harzes (venetianischer Terpentin) mit Wasser erhält, wird als das wohlfeilste von allen ätherischen Ölen vorzüglich zum Auflösen der Harze zu Firnissen, zum Verdünnen der Firnisse bei der Ölmalerei, zum Fleckausmachen und in der Medicin häufig benutzt. Über seine Anwendung zur Beleuchtung vgl. Anwendung des Alkohols und S. 108.

---

1) Über das ätherische Öl des Pinus Abies, welches unter Umständen in Terpentinöl überzugehen scheint und ebenfalls eine Kohlenwasserstoffverbindung ist, vgl. die Untersuchung von Gottschalk in den Annalen der Chem. u. Pharm. 47. S. 237—238; pharm. Centralbl. 1843. S. 735.

2) Nach Blanchet und Sell ist das Petersilienöl sauerstoffhaltig = $C_6H_7O_2$.

Zu den sauerstoffhaltigen gehören die meisten der ätherischen Öle, wie das Dill-, Fenchel-, Anis- ($C_{10}H_{12}O$, Blanchet und Sell) und Kümmelöl in den Samen von Anethum graveolens, A. Foeniculum, Pimpinella Anisum und Carum Carvi, das Kamillen-, Schafgarben-, Rainfarrn-, Lavendel-, Spiek-, Lindenblüten- und Rosenöl aus den Blüten, das Esdragon- ($C_{24}H_{32}O_2$, Laurent), Krausemünz-, Pfeffermünz- ($C_{21}H_{40}O_2$, Kane), Majoran-, Dosten- (Origanum vulgare, $C_{50}H_{80}O$, Kane), Melissen-, Rosmarin-, Salbei-, Thymian-, Rauten- ($C_{28}H_{56}O_3$) und Wermuthöl ($C_{20}H_{16}O_2$, Leblanc) aus den Blättern oder der ganzen Pflanze und das Beifuß-, Baldrian- und Kalmusöl aus der Wurzel der entsprechenden Pflanzen.[1]). Das Bittermandelöl ($C_{14}H_{12}O_2$), dessen Präexistenz man früher in vielen Pflanzen annahm, ist, wie die meiste Blausäure aus diesen Pflanzenstoffen, gewöhnlich ein Zersetzungsprodukt des Amygdalins bei der Destillation unter Mitwirkung eines anderen Stoffes, des Emulsins. Man muß daher in allen Blausäure und Bittermandelöl liefernden Pflanzen, wie die Drupaceen, statt Blausäure und Bittermandelöl blos die Gegenwart von Amygdalin und Emulsin annehmen. Vgl. unter Amygdalin.

Sauerstoffhaltige Öle.

Die meisten dieser Öle finden Anwendung in der Medicin, Likör- und Parfümfabrikation.

Der **Kampher** $C_{10}H_{16}O$ findet sich in dem Holze der Kampherbäume, er setzt sich bei der Destillation desselben mit Wasser an das im Destillirhelm befindliche Stroh fest und wird mit Kalk gemengt durch wiederholte Destillation gereinigt. Er bildet eine durchscheinende farblose Masse, welche bei + 175° C. schmilzt, bei 204° siedet, wobei sie ohne Rückstand sublimirt, er krystallisirt in Oktaëdern, löst sich wenig in Wasser, leicht in Alkohol, Äther, flüchtigen und fetten Ölen, in Säuren, nicht aber in Basen auf.

Kampher.

Eine äußerst scharfe Kampherart ist das **Cantharidin** ($C_{10}H_{12}O_4$ Regnault), das blasenziehende Princip der spanischen Fliegen und der Gattung Meloe.

Cantharidin.

Aus der Birkenrinde läßt sich ein in sehr zarten weißen Nadeln krystallisirender Kampher, der **Birkenkampher** oder das Betulin $C_{40}H_{66}O_3$ sublimiren[2]), der die Rinde mit einer wollenartigen Efflorescenz überzieht, wenn man ein Stückchen davon auf den Ofen legt. Er besitzt einen angenehmen Geruch, ist unlöslich in Wasser, löslich in wässerigem Alkohol, Äther und flüchtigen Ölen und macht einen Bestandtheil des Birkentheers und Birkenbrandöls aus, das in der Juftengerberei benutzt wird.

Betulin.

Auch die Tabakpflanze, Nicotiana enthält eine Art Kampher, **Nicotianin**, **Anemonin**, Anemonen- oder Pulsatillenkampher, welches

Nicotianin.

1) Die meisten flüchtigen Öle sind entweder noch nicht auf ihre Zusammensetzung untersucht, oder es ist blos die ihres Stearoptens ermittelt.

2) Über die Darstellung und Untersuchung des Betulins vgl. Heß im Journ. f. prakt. Chem. 16. S. 161; pharm. Centralbl. 1839. S. 178.

sich im Tabakrauch findet, ebenso Anemone pulsatilla, nemorosa und pratensis und die Haselwurz, Asarum europaeum, der Haselwurzkampher (**Asarin**) von der Zusammensetzung C_8H_9O.

Cumarin. Das **Cumarin** (Tonka- oder Melilotusstearopten oder -Kampher) $C_{18}H_{12}O_4$ (Bleibtreu), so genannt von Coumarou, dem französischen Namen des Tonkabohnenbaums, weil man es in der Tonkabohne zuerst fand, ist ein in weißen, 4seitigen Nadeln krystallisirendes ätherisches Öl von vanilleähnlichem Geruch, welches bei + 50° C. schmilzt. Es ist das riechende Princip, welches dem Ruchgras (Anthoxanthum odoratum) und wahrscheinlich auch dem Holcus odoratus und anderen wohlriechenden Grasarten, denen man den angenehmen Geruch des Heues zuschreibt, seinen gewürzhaften Geruch, der Tonkabohne und dem Steinklee (Melilotus officinalis) ihren Vanillegeruch und dem besonders am Rhein so beliebten, aus Waldmeister (Asperula odorata) bereiteten Maitrank oder Maiwein sein treffliches Aroma verleiht, während man früher dieses krystallisirende riechende Princip für Benzoësäure hielt.

Schwefelhaltige ätherische Öle. Schwefelhaltige, ätherische Öle sind das Senföl ($C_8H_{10}N_2S_2$ Will) [1]), im schwarzen Senf, Meerrettig, Löffelkraut und Knoblauchkraut (Alliaria officinalis), das Stinkasant-, Knoblauch- ($C_6H_{10}S$ Werthheim) [2]), Zwiebel-, Kressen- (Lepidium sativum, L. ruderale L. und Lep. campestre Br.), Capuzinerkressen-, Wasserpfeffer- (Polygonum hydropiper), Aron- (Arum maculatum) und Hopfenöl, das Öl von Raphanus sativus L. (Same und Wurzel), von Brassica Napus L., Cochlearia Draha und Cheiranthus annuus L. Kraut und Samen von Thlaspi arvense. Wurzel und Samen von Alliaria officinalis enthalten nach Pleß ein Gemenge von Senf- und Knoblauchöl. Sie sind sehr flüchtig, reizen die Augen zu Thränen, schmecken brennend scharf, röthen die Haut, ziehen Blasen und sind schwerer als Wasser.

Harze.

Harze. Vorkommen. Die **Harze** gehören zu den im Pflanzenreiche am weitesten verbreiteten Stoffen, wie sie ihm denn auch vorzugsweise angehören, sie finden sich in allen Theilen der Pflanzen, namentlich den ausdauernden, doch kommen sie auch im Thierreiche vor, die fossil gefundenen Harze scheinen indeß ihren Ursprung der Zersetzung untergegangener Pflanzen zu verdanken. Außerdem entstehen auch Harze durch Einwirkung von Säuren oder höherer Temperatur auf organische Körper.

Darstellung. Sie fließen in Verbindung mit ätherischen Ölen, welche theils verdunsten, theils durch Sauerstoffabsorption sich gleichfalls in Harze verwandeln,

---

1) Die Bildung des Senföls s. unten bei Myrosyn.

2) Das Knoblauchöl kann auch durch Zersetzung des Senföls mittelst Kalium durch Entziehung der Elemente von Schwefel und Cyan erhalten werden:

$$2\,(C_8H_{10}N_2S_2)\ K =$$
$$2\,(C_6H_{10}\ \ S\ )\ K\,(C_2N_2S)_2 \text{ oder } K\,Cy\,S. \quad \text{Gerhardt.}$$

entweder von selbst aus den Bäumen und Sträuchern der heißen und milden Himmelsstriche aus gemachten Einschnitten, oder man zieht sie mit Weingeist aus den harzigen Pflanzentheilen aus, schlägt sie durch Wasser nieder und erhält sie dann durch Abdestilliren des Weingeists und Trocknen in festen Massen.

Entstehung der Harze.

Da alle Harze Sauerstoff enthalten, und sehr viele ätherischen Öle sich an der Luft verharzen, indem sie Sauerstoff aufnehmen, so scheinen auch die Harze sich durch Aufnahme von Sauerstoff aus ätherischen Ölen gebildet zu haben, doch dürften sie wohl nicht geradezu als Oxyde der flüchtigen Öle zu betrachten sein, sondern es ist wahrscheinlich, daß auch eine gewisse Menge von ihrem Wasserstoff dabei mit Sauerstoff Wasser bildet, welches sich als solches abscheidet oder mit dem neu entstandenen Oxyd in Verbindung bleibt[1].

Eigenschaften.

Die verschiedenen Harze stimmen in folgenden Eigenschaften überein: Sie sind theils fest und mäßig hart, brüchig, wenigstens in der Kälte pulverisirbar, theils weich, schmierig von Honigconsistenz durch beigemengte flüchtige Öle, und heißen dann **Weichharze** oder **Balsame**. Sie sind amorph, nur selten krystallisirbar, von 0,93 — 1,20 specifischem Gewicht, leiten die Elektricität nicht, werden durch Reiben stark elektrisch, sind theils farblos, gelb, braun, grün, theils durchsichtig, theils durchscheinend, theils undurchsichtig. Im reinen Zustande sind sie ohne Geruch und Geschmack, gewöhnlich aber besitzen sie vermöge eines Gehaltes an ätherischem Öl einen eigenthümlichen Geruch und durch diese und andere Beimengungen auch einen scharfen, kratzenden oder bitteren Geschmack. Sie schmelzen bei mäßiger Wärme und werden dabei fadenziehend, bei trockener Destillation liefern sie außer den gewöhnlichen Zersetzungsprodukten eigene Säuren (Brandsäuren), sie brennen angezündet mit heller, stark rußender Flamme, sind im Wasser unlöslich, obschon sie selbst Wasser zu binden vermögen. Viele lösen sich in Weingeist und Holzgeist auf, einige nur in heißem, andere auch in kaltem, wieder andere nur in absolutem Alkohol, mehrere lösen sich auch in Äther, die meisten in Terpentinöl, Steinöl und anderen ätherischen Ölen. Fette Öle verbinden sich meist leicht mit geschmolzenen Harzen. Schwefelkohlenstoff löst die Harze leicht. Die geistigen und ätherischen Auflösungen röthen meist Lackmus, werden durch Wasser milchig getrübt, der abgelagerte Niederschlag enthält Wasser, ist weich und knetbar, wird aber beim Trocknen härter und spröde, Mineralsäuren bewirken einen noch reichlicheren Niederschlag. Von concentrirter Schwefelsäure werden sie kalt ohne Veränderung gelöst, beim Erhitzen aber in eine kohlige Masse verwandelt nebst etwas künstlichem Gerbstoff, concentrirte Salpetersäure bildet unter Anderem gleichfalls künstlichen Gerbstoff, zuweilen auch Oxalsäure. Von Salz- und Essigsäure werden einige unverändert gelöst. Die

---

1) Vgl. Liebig's Handb. d. organ. Chemie mit Rücksicht auf Pharmacie. Heidelberg 1843. S. 468—470.

meisten bilden mit Alkalien **Harzseifen**, aus denen sie durch Säuren wieder unverändert abgeschieden werden.

Weichharze. Die Weichharze oder Balsame besitzen einen ausgezeichneten, starken Geruch und scharfen, aromatischen Geschmack, verlieren der Luft ausgesetzt einen großen Theil ihres ätherischen Öls, während sich ein anderer Theil desselben oxydirt und verharzt, und erhärten dadurch. Bei der Destillation liefern sie ätherisches Öl unter Zurücklassung von Harz.

Terpentin Es gehört hierher außer mehreren ausländischen Weichharzen, wie der flüssige Storax, Peru-, Copaiva-, Tolu- und Mekkabalsam der **Terpentin**, oder wie ihn die Techniker bisweilen im Gegensatze zum Terpentinöl heißen, welches sie gleichfalls Terpentin nennen, der fette Terpentin, welcher aus den Einschnitten fließt, die in den Stamm verschiedener Nadelhölzer gemacht werden. Er bildet eine honigartige, farblose, gelbliche oder graulich-, röthlich-, oder grünlichgelbe, durchsichtige oder trübe Flüssigkeit von nicht unangenehm gewürzhaftem Geruch und erwärmend-, scharfbitterlichem Geschmack, welche beim Eintrocknen **weißes Harz** oder **Galipot** hinterläßt. Er löst sich in starkem Weingeist, Äther und ätherischen Ölen vollständig auf. Von Ammoniak wird er in zwei Harze zerlegt, wovon das eine in kaltem, das andere in heißem Steinöl löslich ist. Bei der Destillation geht Terpentinöl über und Harz bleibt zurück. Die vorzüglichsten Arten desselben sind:

gemeiner, Der **gemeine Terpentin** aus Tannen und Fichten, Pinus sylvestris und P. Abies. Er ist dickflüssig, graugelb und trübe, und besteht hauptsächlich aus zwei Harzen und 5—25% Terpentinöl. Letzteres wird durch Destillation abgeschieden. Aus dem Rückstande zieht 72procentiger Weingeist in der Kälte zwei Harze aus, nämlich Alphaharz oder **Pininsäure** $C_{40}H_{60}O_4$, eine unkrystallinische, in ihren Auflösungen sauerreagirende Masse und die sehr kleine Menge eines dritten Harzes, **Gammaharz**, welches nicht, wie die beiden anderen, in Steinöl löslich ist und nicht sauer reagirt. Der Rückstand ist das Betaharz (**Sylvinsäure**) gleichfalls = $C_{40}H_{60}O_4$, welches aus seinen Auflösungen in großen farblosen, rhombischen Prismen krystallisirt, nach Laurent in dreiseitigen Tafeln, wodurch sie sich vor allen anderen Körpern auszeichne. Nach demselben ist Pimarsäure die ursprüngliche Säure, welche sich unter gewissen Umständen in Pininsäure und Sylvinsäure zerlege.

Der gemeine Terpentin wird vorzugsweise auf dem Franken-, Thüringer- und Schwarzwald gewonnen.

französischer, Der **französische Terpentin** von Pinus maritima ist minder dickflüssig, klärt sich durch Ablagern, gibt durch Destillation 12% Terpentinöl und wird im südlichen Frankreich, namentlich bei Bordeaux gewonnen.

venetianischer, Der **venetianische Terpentin** vom Lerchenbaum, Pinus Larix, ist noch dünnflüssiger, blaßgelb, klar, von fast citronenähnlichem Geruch, liefert 18—24% Terpentinöl und wird in Illyrien, Norditalien und Südfrankreich gewonnen.

Der elsasser oder Straßburger Terpentin von Pinus picea ist sehr flüssig, hellgelb, von angenehmem Geruch und gibt 34 — 35 % Terpentinöl. Elsasser.

Dem Straßburger gleicht der **karpathische** und **ungarische Terpentin**, ersterer von Pinus Cembra, letzterer von Pinus mughos.

Man braucht den Terpentin zum Weichmachen harziger Mischungen, namentlich zu Siegellack, Kitt, Pflastern, Salben, Harzseifen, zur Darstellung des Terpentinöls, Kolophoniums ꝛc.

Auch der **Vogelleim** (Viscin) gehört zu den Weichharzen. Um ihn zu erhalten, kocht man Mistelbeeren (Viscum album), bis sie platzen, zerstößt sie dann, schlemmt die Hülsen mit kaltem Wasser ab, der Rückstand ist Vogelleim. Auch das Kraut wird dazu benutzt. Die Gewinnung findet im März statt. In Frankreich siedet man Vogelleim aus der inneren Rinde der Stechpalme (Ilex Aquifolium), setzt sie in Fässer gepackt einer anfangenden Gährung aus, zerstößt sie und befreit sie durch kochendes Wasser von Schleim und Bitterstoff.[1]) Der Vogelleim ist eine zähe, dickflüssige, grünliche Masse von bitterem Geschmack und unangenehmen Geruch, erhärtet in dünnen Lagen an der Luft, schmilzt leicht, löst sich in heißem Alkohol, Äther, flüchtigen Ölen und auch etwas in Essigsäure. Eine ähnliche Masse schwitzt aus den jungen Zweigen der Robinia viscosa freiwillig aus und überzieht dieselben. Vogelleim.

Nach Zeller erhält man aus den behufs der Latwergengewinnung durch Auspressen vom Safte befreiten Attigbeeren (Sambucus Ebulus) durch mehrmaliges Auskochen mit Wasser, bis letzteres farblos abläuft, und nachheriges gelindes Erhitzen, um das Wasser zu entfernen, einen Vogelleim, welcher in allen seinen Eigenschaften fast ganz mit dem aus Viscum album übereinstimmt. **Künstlicher Vogelleim** ist gewöhnlich eingekochtes Leinöl (Buchdruckerfirniß), auch eine Mischung von Zinkchlorid und Leim kann dazu verwendet werden, wo ersteres durch fortwährendes Wasseranziehen aus der Luft das Austrocknen des Leims verhindert.

Von den **Harten Harzen** sind vorzüglich das **Fichtenharz** und das **Kolophonium** für unseren Zweck von Wichtigkeit, da die übrigen technisch anwendbaren Hartharze keine Erzeugnisse unserer Gegenden sind und das Pech bei den Produkten der trockenen Destillation seinen Platz findet. Harte Harze.

Das **Fichtenharz**, oder das an den Fichten und Tannen durch Eintrocknen des Terpentins entstandene Harz ist gelblichweiß, riecht stark nach Terpentin, ist etwas knetbar, durchscheinend und besteht aus Pinin- und Sylvinsäure (vgl. gemeiner Terpentin S. 326), mehreren indifferenten Harzen und 10—15 % ätherischem Öl. Pelletier und Walter erhielten bei der Destillation des Fichtenharzes außer Naphthalin 4 eigenthümliche Kohlenwasserstoffverbindungen, während das Fichtenharz selbst eine sauerstoffhaltige Substanz ist[2]). Fichtenharz.

---

1) Mehr hierüber in Thenard's Lehrb. der theoret. und prakt. Chemie. Leipzig, Voß. 1828. 4. Bd. S. 1347.

2) Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 44. S. 81—110; pharm. Centralbl. 1838. S. 566.

Kolophonium

Das **Kolophonium** oder Geigenharz, der bei der Destillation des Terpentinöls aus dem Terpentin bleibende Rückstand, ist eine braungelbe, durchsichtige, glasglänzende, brüchige, harte Masse von 1,07 bis 1,08 specifischem Gewicht, wird bei + 70° C. weich, schmilzt bei 135°, besteht vorzugsweise aus Pininsäure, wenig Sylvin- und Kolophonsäure, und zwar um so mehr, je dunkler es gefärbt ist, und aus Brandöl. Bei der trockenen Destillation hinterläßt es nur $^3/_4$ % Kohle, während die beim Fichtenharz erwähnten Kohlenwasserstoffverbindungen entweichen.

Wachholderharz.

Das **Wachholderharz**, welches auch deutscher Sandarach genannt wurde, weil man lange Zeit den Sandarach vom Wachholder ableitete, während der ächte Sandarach von der Thuya articulata in der Berberei abstammt, findet sich unter der Rinde des gemeinen Wachholders, Juniperus communis, und, namentlich in Schweden, auch nicht selten in Ameisenhaufen, wird aber jetzt wenig mehr benutzt.

Anwendung der Harze.

Die Hartharze werden theils, wie vorzüglich Weihrauch, Storax, Benzoë, zu Räucherpulver benutzt, theils wie Copal, Dammar, Mastix, Sandarach, Gummilack, zu Lackfirnissen, letzterer auch zur Tischlerpolitur und besonders zu Siegellack, das Fichtenharz zur Leuchtgasbereitung, zum Pflastern, Dachdecken, Löthen, zu Firnissen, Kitten, Harzseifen rc., das Kolophonium in Verbindung mit Theer zu ähnlichen Zwecken.

Firnisse.

Die **Firnisse**, oder vielmehr Lackfirnisse oder Lacke, weil die Techniker unter Firniß gewöhnlich den Leinölfirniß (mit Bleiglätte gekochtes Leinöl) verstehen, sind Auflösungen von Harzen in fetten Ölen, Weingeist, Terpentinöl und dergleichen, um verschiedenen Substanzen einen glänzenden, durchsichtigen oder gegen die Einwirkung der Luft schützenden Ueberzug zu geben. So erhält man nach Puppi einen Firniß für metallische Instrumente zum Schutz gegen Oxydation, wenn man in $1^1/_2$ Pfund in einem Thongefäß mäßig erwärmtem Weingeist von 36° 3 Quentchen Sandarach, ebenso viel Mastix und 1 Quentchen gereinigtes Fichtenharz auflöst, die Auflösung abgießt und in einer wohlverschlossenen Flasche aufbewahrt. Nach Zeni erhält man durch Abreiben von 80 Theilen sehr feinem Ziegelmehl und 20 Th. Bleiglätte mit Leinöl zur dicken Masse und Verdünnen mit Terpentinöl einen Firniß, der bei zweimaligem Anstrich das Eisen vollkommen vor Rost schützt.

Firniß für Metallwaaren.

Kautschuk.

Ein von den eben behandelten in vieler Beziehung abweichendes Harz ist das **Kautschuk**, Federharz oder elastische Gummi C_5H_5. Es findet sich im Milchsafte vieler einheimischen und ausländischen Gewächse, vorzüglich in dem der Urticeen, Euphorbiaceen und Apocyneen. Die Milchsäfte anderer Pflanzenfamilien sind sehr arm an Kautschuk, obgleich es in keinem ganz zu fehlen scheint, besonders reich daran ist die Siphonia elastica in Guiana in Südamerika, die Urceola elastica auf Sumatra und Java, Ficus elastica und indica in Ostindien und Artocarpus incisa in Westindien, aus denen es durch Einschnitte bis aufs Holz gewonnen wird. Der ausgeflossene Saft wird auf Thonformen gestrichen, wo er dann

Flaschen bildet, oder in dickeren Lagen auf Bretern (Gummispeck) und über freiem Feuer getrocknet, dessen Rauch es schwärzt. Seltner kommt der flüssige Saft selbst in den Handel, welcher nicht mit Kautschukauflösung zu verwechseln ist.

Das reine Kautschuk ist in dünnen Lagen farblos, ziemlich durchsichtig, in dickeren Stücken gelblich, von schwachem Geruch, in der Kälte hart und steif, aber nicht spröde, bei gewöhnlicher Temperatur ausnehmend elastisch, frische Schnittflächen haften bleibend luftdicht aneinander, es läßt sich am besten mit einem benäßten Messer schneiden. In warmem Wasser erweicht es, quillt etwas auf und wird dadurch löslicher in seinen Lösungsmitteln; beim Trocknen nimmt es wieder seine vorige Beschaffenheit an. Es schmilzt bei 125° C. zu einer theerartigen, klebrigen Masse, die fast gar nicht wieder fest wird, liefert bei der trockenen Destillation viel flüchtiges Öl (**Kautschuköl**) und wenig Kohle. Entzündet brennt es mit leuchtender, rußender Flamme und tabakähnlichem Geruch. In Wasser, Alkohol, Säuren und Alkalien ist es völlig unlöslich, auch durch Chlorgas wird es nicht angegriffen. In Terpentinöl, Steinöl, Steinkohlenöl, Äther, Kautschuköl und Schwefelkohlenstoff schwillt es weit mehr an als im Wasser, löst sich aber nur in den drei letzten wirklich auf und bleibt nach dem Verdunsten des Lösungsmittels fast unverändert zurück. Die längere Zeit zurückbleibende Klebrigkeit kann man dem Überzug durch Bestreichen mit Seife und nachheriges Glätten benehmen.

Das Kautschuk, dessen man sich früher fast nur zum Auswischen von Bleistiftstrichen auf Papier bediente, findet jetzt eine sehr ausgedehnte Anwendung. Man fertigt daraus wasserdichte Überschuhe, elastische Röhren für chirurgischen und chemischen Gebrauch, für elastische Hosen- und Strumpfbänder &c. und in Auflösung als wasserdichten Firniß für Luftkissen und Kleidungsstücke, namentlich Fußbekleidung.

Darstellung wasserdichter Überzüge für Zeuge und Leder.

Zur Herstellung solcher Überzüge erweicht man das Kautschuk gewöhnlich in einer der oben genannten Flüssigkeiten, worin es anschwillt, und zerreibt es nachher zum gleichförmigen Brei oder schüttelt es nach Anthon's Vorschlag mit kleinen Steinchen, die man nachher absetzen läßt. Gewöhnlich nimmt man hierzu wegen seiner Wohlfeilheit das Terpentinöl, es muß aber völlig harzfrei sein und etwas Schwefel enthalten, um es vor dem Verharzen zu schützen, es wird daher mit Wasser rectificirt und dann kurze Zeit mit 3% gestoßenem Schwefel gekocht und dann absetzen lassen. Wenn man es 1, 2 oder mehrere Mal bei höherer Temperatur über Ziegelstückchen destillirt, so wird das Terpentinöl nach Bouchardat in der Art modificirt, daß es das Kautschuk wirklich auflöst und zwar fast ebenso gut als das theuere Kautschuköl. Man bringt nun das klare Öl (nicht ganz das gleiche Gewicht vom Kautschuk) auf das in kleine Stückchen zerschnittene, etwas erwärmte Kautschuk (am besten Gummispeck) in ein wohlverschlossenes Gefäß und rührt es nach vollständiger Erweichung zur homogenen Masse. Wird diese Masse mit starkem Weingeist versetzt, so schlägt sich das Kautschuk gallertartig nieder und wird in dieser Form sehr leicht von

reinem Äther zur schnell trocknenden Flüssigkeit aufgenommen. Letztere Auflösung eignet sich besonders zum Ausbessern von Gummischuhen, indem man den einzusetzenden Fleck mit dieser Auflösung bestreicht. Sievier erhielt in England 1837 nachstehendes Verfahren patentirt: Man übergießt das zerschnittene Kautschuk in einer Flasche mit Ätzammoniakflüssigkeit und läßt es einige Monate, oder so lange, bis es vollkommen weiß geworden ist, verstöpselt stehen, und destillirt dann das Ammoniak ab. Das Kautschuk bleibt im Wasser suspendirt zurück und kann in diesem Zustande beliebig eingedickt werden, ohne sich auszuscheiden, doch darf die Masse nie bis über 100° C. erhitzt werden. Leykauf wäscht das mit Ammoniak behandelte Kautschuk mit vielem Wasser und läßt es dann einige Tage an der Luft trocknen. Hierauf löst er es ohne Anwendung von Wärme in dem Zehnfachen des Kautschukgewichts frisch destillirtem Terpentinöl auf und erhält so nach einiger Zeit eine vollkommen helle Auflösung.

Andere weichen 1 Theil Kautschuk in 2 Theilen Äther ein und vertheilen es dann in 3 Theilen Terpentinöl.

Wasserdichte Zeuge stellt man dar, indem man zwei Blätter von Zeugen mit der kautschukbestrichenen Seite aufeinanderlegt und sie durch Walzen passiren läßt. Die Masse bleibt gewöhnlich immer klebrig und nach dem theilweise verharzten Auflösungsmittel (Terpentinöl) riechend. Man bringt daher die Zeuge in heißen starken Weingeist, welcher Harz und Öl auszieht, so daß die Masse rasch trocken und geruchlos wird.

Man wendet auch das im Handel vorkommende, von Natur noch flüssige Kautschuk zum Anstrich für Zeuge an.

Einen glänzenden, nicht klebenden, biegsamen Firniß für Zeuge erhält man durch Anschwellen des Kautschuks in rectificirtem Terpentinöl, Auflösen desselben in erwärmtem, vorher mit Bleiglätte abgekochten Leinöl und Verdünnen mit Terpentinöl.

Für Lederwerk, z. B. für Schuhe, wo es nicht darauf ankommt, vollkommen trockene Anstriche zu erhalten, kocht oder schmilzt man das Kautschuk mit Leinöl oder Schweinefett, wozu verschiedene Vorschriften angegeben worden sind, z. B. 1 Pfund zerschnittenes Kautschuk wird nebst 4 Unzen Leinöl in einem Kessel unter stetem Umrühren allmälig so stark und so lange erhitzt, bis alles homogen ist, dann allmälig 30 Unzen Leinöl zugesetzt und bis zum Verschwinden aller Feuchtigkeit erhitzt. Oder: 2 Loth Kautschuk in einem glasirten Gefäße bei gelindem Feuer geschmolzen, 1 kleinen Eßlöffel voll Leinölfirniß zugesetzt und dies alle 5 Minuten so lange wiederholt, bis 6 Loth zugesetzt sind, vom Feuer entfernt, 1 Loth Fischthran und 1 Loth Terpentinöl zugesetzt. — Heusler empfiehlt 4 Unzen zerschnittenes Kautschuk mit 1¼ Pfund Leinöl bis zur völligen Auflösung unter Umrühren zu kochen.

Am besten scheint folgende Vorschrift: Man schmilzt gleiche Gewichte Kautschuk und Schweinefett unter Umrühren zusammen, verdünnt mit 4 Theilen Thran, wäscht das Leder zuvor mit warmem Wasser ab (weil dies die Poren besser öffnet als das Fett), und nachdem es wieder ober-

flächlich trocken geworden, streicht man obige Masse warm auf. Um Zeuge ohne Kautschuk wasserdicht zu machen, gibt Rasper folgendes Verfahren an: Man taucht dieselben in eine Auflösung von 1 Unze Leim in 1 Quart Wasser mit $1\frac{1}{2}$ Quentchen kohlensaurem Ammoniak, trocknet und behandelt sie hinter einander mit folgenden Flüssigkeiten: einer starken Auflösung von schwefelsaurem Kali oder phosphorsaurem Natron, einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd, endlich einer Flüssigkeit, welche man aus 4 Pfd. Walkererde mit $\frac{1}{2}$ Pfd. Kampher und 40 Gallonen Wasser bereitet.

Schuhsohlen ohne Kautschuk wasserdicht zu machen, gibt die Deutsche allgem. Zeitschrift f. d. techn. Gewerbe 1844 an: Man erwärmt 1 Pfd. Leinölfirniß und löst $\frac{1}{2}$ Pfd. gepulvertes Kolophonium darin auf und bestreicht die Sohlen und Nähte mehrmals damit, nachdem der vorige Anstrich immer erst wieder trocken geworden. Der letzte Anstrich wird noch frisch mit feinem Sand bestreut, mit einem Bretchen festgedrückt und dann getrocknet. Solche Sohlen sollen zwar sehr steif und unbiegsam, aber wasserdicht und fast unverwüstlich sein.

Gutta Percha

Ein dem Kautschuk in vieler Beziehung ähnliches Harz ist die erst seit 1843 in Europa bekannte **Gutta Percha** (spr. Pertscha) oder Gutta Taban, auf Java Gettenia genannt, nach Maclagan's Untersuchung dem Kautschuk isomer, also C_3H_6, der eingetrocknete Milchsaft eines an den Küsten von Singapore, Malacca, Borneo und der umliegenden Inseln sehr häufig wachsenden Waldbaumes, aus der Familie der Sapotaceen, woraus er durch Einschnitte in die Rinde in großer Menge gewonnen wird, eine bei gewöhnlicher Temperatur bis + 45° C. holzharte, wenig elastische, aber sehr zähe Masse von faserigem, seidenglänzendem Gefüge, ungleicher, weiß- und röthlichbraun gemengter Färbung, 0,979 specifischem Gewicht und eigenthümlichem kalt lederartigem, warm benzoëähnlichem Geruch, die jedoch vom Fingernagel Eindrücke annimmt, sich wie Kautschuk nur schwierig mit einem trockenen, leichter mit einem feuchten Messer schneiden läßt und im Handel entweder in der Form von Kupferdrehspänen oder in festen Rollen vorkommt, welche auf dem Durchschnitt einzelne Schichten erkennen lassen. In fast siedendes Wasser getaucht lassen sich zwei Stücke zu einem Ganzen vereinigen und sie bleibt bis 55 oder 60° C. so plastisch, daß sie sich in jede beliebige Form kneten läßt, welche sie beim Erkalten vollkommen behält. In höherer Temperatur verhält sie sich wie Kautschuk und liefert auch dieselben Destillationsprodukte. Sie erweicht und löst sich wie Kautschuk unvollkommen in Steinkohlennaphtha, Kautschuköl, Steinöl und überhaupt in den meisten ätherischen Ölen, sowie in Äther, vollkommen dagegen nur in warmem Terpentinöl, womit sie eine helle und farblose Flüssigkeit bildet, nicht aber in Alkohol und Wasser, und schwimmt in letzterem oben auf; auch wird sie weder von fetten, noch von sauren oder alkalischen Flüssigkeiten angegriffen. Concentrirte Schwefelsäure verkohlt sie jedoch allmälig und starke Salpetersäure verwandelt sie in ein gelbes Harz.

Sie findet eine ähnliche, nur noch viel ausgedehntere technische Anwendung als Kautschuk, da sie durch Versetzen mit Schwefel oder Kautschuk,

oder mit beiden zugleich die Elasticität des letzteren erhält, während sie für sich die Härte des Holzes besitzt. Sie hat insbesondere auch für Physik und Chemie eine hohe Wichtigkeit, namentlich weil sich so leicht Röhren und überhaupt die verschiedensten Gegenstände durch Erweichen in heißem Wasser daraus formen lassen. Um eine Röhre zu erhalten, durchbohrt man ein zusammengeknetetes Stück von der Größe und Form eines Fingergliedes mit einem Glasstab oder Bleistift und zieht es auf demselben in die Länge. Außerdem dient sie zur Anfertigung von Stöcken, Reitpeitschen, Riemen, Seilen, Schläuchen, Eimern, Jagdbechern, Flaschen, Stöpseln, Messerheften, Sätteln, Gürteln, Fußböden, Dachdecken, Buchdecken, Abgüssen, zum Wasserdichtmachen von Schuhen, Kamaschen, Überröcken und vielen anderen Gegenständen. Im Allgemeinen scheint sie sich sehr zum Ersatzmittel für das Leder zu eignen, indem sie dabei nicht jene Uebelstände darbietet wie das Kautschuk. Auch Bleistiftstriche nimmt sie wie Kautschuk weg.

Gummiharze.

Gummiharze, Gummiresinen oder Schleimharze heißen die an der Luft eingetrockneten Milchsäfte, welche gewisse Pflanzen, wie der Mohn, das Schöllkraut (Chelidonium majus), der Löwenzahn (Leontodon taraxacum), die Wolfsmilch (Euphorbia), der Salat (Lactuca), bei Verletzungen ausfließen lassen, weil sie meist sowohl Harz, als Gummi enthalten. Sie bilden hellgraue, gelbe, meistens bräunliche, gewöhnlich ziemlich weiche Massen, welche außer Harz und Gummi noch viele andere Stoffe, wie fettes und flüchtiges Öl, scharfe oder giftige Stoffe, Kautschuk, Extraktivstoff, Salze 2c. enthalten können. Sie lösen sich in Wasser schwer und unvollständig und bilden damit milchige Flüssigkeiten, **Emulsionen**. Alkohol löst sie gleichfalls unvollständig, doch wird die Auflösung klar. Besser lösen sie wasserhaltiger Weingeist und Säuren, ziemlich vollständig. aber nur verdünnte Lösungen von Alkalien. Die technisch verwendeten sind fast alle ausländisch, wie das Ammoniakgummi, der Stinkasant, das Euphorbium und Gummigutt, die Myrrhe, der Weihrauch und das Opium.

Extraktivstoffe.

Mit diesem Namen bezeichnet man eine große Anzahl der verschiedenartigsten Thier- und Pflanzenstoffe, welche in weiter Nichts übereinstimmen, als daß man sie durch Extraction (s. S. 58) mittelst Wasser oder Weingeist aus den organischen Körpern erhält (daher Extrakt). Einige sind krystallisirbar, andere nicht, einige schmecken bitter, andere süß und wieder andere sind geschmacklos, viele sind gefärbt, so daß manche davon als Farbstoffe dienen, viele farblos. Aus ihren Lösungen abgedampft bilden sie meist braune klebrige Massen und werden nach völligem Austrocknen oft an der Luft wieder feucht, was wohl meistens von einem Gehalt an äpfelsauren oder milchsauren Alkalien herrührt. Eine große Zahl Extraktivstoffe verändert sich an der Luft, besonders beim Abdampfen wässeriger Lösungen, unter Sauerstoffabsorption, Kohlensäureentwickelung und Ausscheidung einer braunen, im Wasser schwer löslichen, dasselbe aber dennoch

intensiv braun färbenden Substanz, **Extraktabsatz**. Derselbe ist leicht löslich in kohlensauren und kaustischen Alkalien, wird durch Säuren aus diesen Auflösungen gefällt, verbindet sich mit einem Überschuß der Säure und stimmt meistens mit der Ulmin- oder Huminsäure sehr nahe überein, sowie viele Extrakte in chemischer Beziehung den verschiedenen Gerbsäuren gleichen.

Wegen ihrer Veränderlichkeit in Berührung mit der Luft zieht man die Extrakte aus den organischen Körpern entweder in luftdicht verschlossenen, mittelst Dampf luftleer gemachten Gefäßen, oder auf die bei der Gerbsäure angegebene Weise aus.

Eintheilung. Man kann die Extraktivstoffe in ungefärbte oder eigentliche **Extrakte**, und gefärbte oder **Farbstoffe**, und erstere wieder in bittere und süße, letztere aber in gelbe, rothe, blaue und grüne eintheilen.

Bittere Extraktivstoffe.

Bittere Extraktivstoffe. Die bitteren Extraktivstoffe sind ein Bestandtheil vieler Pflanzen, denen sie theils stärkende, theils abführende Eigenschaften ertheilen, weshalb sie auch häufig als Arzneimittel gebraucht werden. Solche bitteren Extrakte sind folgende:

Wermuthbitter. Das **Wermuthbitter** ist der bittere Bestandtheil des Wermuths, Artemisia absinthium, welcher in der Medicin und zur Darstellung von bitteren Likören benutzt wird; eine durchscheinende gelbe oder braune, spröde, unkrystallinische Masse von sehr bitterem Geschmack, schwer löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Äther, auch in Alkalien löslich und verbindbar mit Metalloxyden.

Ähnliche nicht krystallisirbare bittere Extrakte finden sich im Bitterklee, Enzian, in der Schafgarbe, in den Kamillenblüten, grünen Wallnußschalen rc.

Populin. Das **Populin**, ein Bestandtheil der Rinde und Blätter von Populus alba, tremula und graeca, krystallisirt in äußerst feinen weißen Nadeln, schmeckt bitter-süßlich, schmilzt leicht zur farblosen Flüssigkeit, zersetzt sich bei höherer Temperatur, löst sich sehr schwer in kaltem, schwer in kochendem Wasser, etwas leichter in kochendem Alkohol und verbindet sich weder mit Säuren, noch mit Basen.

Fraxinin. Das **Fraxinin** kommt in der Eschenrinde (Fraxinus excelsior) vor, welche Anwendung in der Medicin findet; es krystallisirt in feinen weißen Säulen, schmeckt sehr bitter, löst sich leicht in Wasser und Alkohol, schwer in Äther und verbindet sich weder mit Basen, noch mit Säuren.

Äsculin. Das **Äsculin** (Polychrom, Schillerstoff) $C_8H_9O_5$ (Trommsdorff) findet sich in der Rinde der Roßkastanie (Aesculus hippocastanum), der Esche (Fraxinus excelsior) und andern Baumrinden. Es bildet weiße, sehr feine Krystallnadeln, oder ein weißes, sehr lockeres Pulver von bitterlichem Geschmack, schwerlöslich in kaltem Wasser, aber schon löslich in 1½ Theilen kochendem Wasser und in 24 Th. kochendem Alkohol, aus

ersterem krystallinisch, aus letzterem pulverig beim Erkalten niederfallend, und unlöslich in Äther. Die wässerige Auflösung ist im durchgehenden Lichte farblos oder gelblich, im reflectirten violett oder blau und zwar noch merklich bei 1½ millionenfacher Verdünnung, besonders im Brunnenwasser, weil Alkalien und alkalische Erden das Schillern vermehren. Verbindet sich weder mit Säuren, noch Basen.

Nach Fleischmann schillern aber überhaupt viele alkaloïd- und bitterstoffhaltigen Flüssigkeiten, namentlich wenn man sie mit etwas Ammoniak alkalisch macht. Eine Auflösung von 10 Gran schwefelsaurem Chinin in 1 Unze schwefelsäurehaltigen Wassers schillert stark blau.

Salicin. Das **Salicin** $C_{21}H_{21}O_9 + 2\dot{H}$ ist ein Bestandtheil der Rinde und Blätter vieler Weidenarten, wie Salix pentandra, alba, Helix ꝛc. und einiger Pappelarten, wie Populus alba, tremula ꝛc. Es bildet kleine weiße Krystallschuppen und Nadeln von sehr bitterem Geschmack, löslich in 56 Theilen kaltem, und in jeder Menge kochendem Wasser, es löst sich ferner in Alkohol, nicht aber in Äther und fetten Ölen, ist ohne Reaction auf Pflanzenfarben, verliert bei 100° C. nichts an Gewicht, schmilzt bei 120°, wird bei höherer Temperatur zersetzt, gelb, harzähnlich und läßt endlich eine aufgeblähte Kohle, die ohne Rückstand verbrennt. Es löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit blutrother Farbe (**Rutilin**) auf. Letztere ist daher ein Erkennungsmittel des Salicins in der Rinde, wenn sie damit befeuchtet wird. Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure verwandeln es in ein weißes in Wasser unlösliches Pulver, **Saliretin**. Man wendet es nicht selten in der Medicin an gegen verschiedene Krankheiten, namentlich wie Chinin gegen Wechselfieber, es muß aber hier in viel größerer Menge als letzteres genommen werden.

Phlorrhizin. Das **Phlorrhizin** $C_{21}H_{23}O_9 + 3\dot{H}$ findet sich in der Wurzelrinde der Apfel-, Birnen-, Kirsch- und Pflaumenbäume; es krystallisirt in weißen Nadeln, schmeckt bitter und zusammenziehend, löst sich wenig in kaltem Wasser (1000 Th.) und Äther, sehr leicht in kochendem Wasser und Alkohol, auch unverändert in Säuren und Alkalien und wird außer von basisch essigsaurem Bleioxyd, nicht von Metallsalzen gefällt, löst sich wie Salicin in concentrirter Schwefelsäure mit rother Farbe als Rutilin auf, absorbirt im feuchten Zustande Ammoniakgas unter Verwandlung in purpurblaues Phlorrhizeïnammoniak, aus dessen wässeriger Auflösung Säuren dunkelrothes Phlorrhizeïn $C_{64}H_{90}O_{43}N_6$ fällen. Es wurde gleichfalls mit Erfolg gegen Wechselfieber angewendet.

Cetrarin. Das **Cetrarin** ist im isländischen Moose, Cetraria islandica, enthalten, bildet ein feines, weißes Pulver von stark bitterem Geschmack, schmilzt nicht, sondern zersetzt sich in höherer Temperatur, ist schwer löslich in kaltem, wenig in kochendem Wasser, leichter in Äther und absolutem Alkohol, nicht aber in Säuren. Von concentrirten Säuren und Alkalien wird es zerstört, von Salzsäure dabei ohne Gasentwickelung und Formveränderung dunkelblau gefärbt, wo es dann Schwefel- und Salpetersäure mit rother

Farbe lösen, durch Wasser wird es wieder blau niedergeschlagen. In Italien soll es gegen Fieber angewendet werden.

Pikrolichenin. Das **Pikrolichenin** oder Flechtenbitter findet sich in der Variolaria amara Ach., bildet farblose, durchsichtige, an der Luft unveränderliche Doppelpyramiden mit rhombischer Basis, ist geruchlos, schmeckt äußerst bitter, schmilzt etwas über 100° C. und erstarrt wieder beim Erkalten, ist in kaltem Wasser nicht, wenig in heißem, leicht in Weingeist, Äther, ätherischen Ölen, Schwefelkohlenstoff und in der Wärme, auch in fetten Ölen löslich. In der weingeistigen Lösung soll es indessen sauer reagiren, übrigens wie die vorigen fieberwidrig wirken.

Amygdalin. Das **Amygdalin** $C_{40}H_{54}N_2O_{22}$ ist hauptsächlich in den bitteren Mandeln, Amygdalus communis (zu 2½—4%), in den Aprikosen-, Pfirsich-, Pflaumen- und Kirschkernen, in den Kirschlorbeerblättern und der Rinde von Prunus Padus enthalten.

Man erhält es, wenn man bittere Mandeln durch warmes Pressen vom fetten Öle befreit, die rückständige Kleie wiederholt mit Weingeist von 93—94% auskocht, den Weingeist abdestillirt, den syrupartigen Rückstand mit Wasser verdünnt und mit Hefe gähren läßt, um den Zucker zu zerstören. Man filtrirt dann, verdampft zur Syrupconsistenz, fällt das Amygdalin mit Alkohol von 94%, preßt aus und reinigt durch Umkrystallisiren aus Alkohol.

Aus Alkohol krystallisirt es in seidenglänzenden Schuppen oder kurzen Nadeln, aus Wasser in großen, seidenglänzenden, durchsichtigen Prismen mit 6 Atomen Wasser. Es ist geruchlos, von schwach bittermandelartigem Geschmack, zersetzt sich bei höherer Temperatur unter Aufblähen mit einem Geruch nach Weißdornblüte und Hinterlassung einer voluminösen Kohle. In Wasser ist es leicht, in wasserfreiem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur fast nicht, leichter in kochendem Alkohol löslich. Durch Behandlung mit verdünnter Salpetersäure oder mit Braunstein und Schwefelsäure zerfällt es in Ammoniak, Benzoylwasserstoff oder Bittermandelöl, Benzoë-, Ameisen- und Kohlensäure. Bei gelindem Erwärmen mit dem eiweißartigen Bestandtheil Emulsion (Milch) gebender Samen (wie Mandeln und die übrigen oben genannten), dem E m u l s i n (s. unten) wird das Amygdalin in Blausäure, flüchtiges Bittermandelöl, Ameisensäure, Zucker und Wasser verwandelt. Da oft schon bloßes Zerreiben hinreicht, den bekannten Blausäure- oder Bittermandelgeruch aus den oben angeführten Vegetabilien zu entwickeln, wenn sie sich anders noch im frischen Zustande befinden [1]), so scheinen wohl beide Stoffe: Amygdalin und Emulsin getrennt, in abgesonderten Zellen in denselben vorzukommen. Die meisten dieser

1) Nach Brandes' Versuchen erhält man indeß keine Spur von Reaction auf Blausäure, wenn man eine bittere Mandel für sich oder mit Alkohol zerrieben darauf prüft, wohl aber, wenn sie mit Wasser angerieben war. Archiv d. Pharm. II. 3. S. 240 und von da pharm. Centralbl. 1835. S. 653.

Pflanzenstoffe sind im unverletzten Zustande völlig geruchlos und entwickeln ihren Geruch erst beim Infundiren, Kauen oder Zerreiben.

Anders verhält es sich bei jenen Theilen, welche schon im unverletzten Zustande den bekannten Geruch verbreiten, wie manche Blüten, namentlich die von Prunus padus, es scheint hier das Emulsin vermöge des bedeutenderen Wassergehalts und des zarteren Gewebes schon im lebenden Organismus auf das Amygdalin einzuwirken. Nach E. Simon findet sich auch in der Rinde von Prunus padus viel mehr fertige Blausäure (und also wahrscheinlich auch Bittermandelöl), als in den Kirschlorbeerblättern, weil sie weit mehr Wasser enthalte [1]).

Mit ätzenden Alkalien wird das Amygdalin zersetzt in amygdalinsaure Salze und Ammoniak, mit übermangansaurem Kali in cyansaures und benzoësaures Kali.

Die **Amygdalinsäure** $C_{40}H_{52}O_{24}$ ist eine farblose, unkrystallinische, an der Luft zerfließliche Masse, von saurem Geschmack, in Wasser leicht, in Alkohol und Äther nicht löslich, die mit Basen leicht lösliche Salze bildet.

Süße Extraktivstoffe.

Süße Extraktivstoffe.

Die süßen Extraktivstoffe finden sich weit seltener in den Pflanzen, als die bitteren. Die wichtigsten und am genauesten untersuchten sind folgende:

Glycyrrhizin.

Das **Glycyrrhizin**, Wurzelsüß oder der Süßholzzucker bildet einen Bestandtheil der Süßholzwurzel (Glycyrrhiza glabra und echinata) und ist eine unkrystallinische, gelbe, spröde Masse von widerlich süßem Geschmack, leicht löslich in Wasser und Weingeist, verbindet sich mit Säuren zu in Wasser und Weingeist löslichen, in überschüssiger Säure aber unlöslichen Verbindungen, auch mit Alkalien zu löslichen und mit Schwermetalloxyden zu unlöslichen Verbindungen. Es ist nebst verschiedenen anderen in Wasser löslichen und wieder anderen durchs Kochen unlöslich gewordenen Stoffen im Lakritzensaft enthalten.

Saponin.

Das **Saponin** (kratzender Extraktivstoff) im Seifenkraut, Saponaria officinalis, in seiner Wurzel, im Sandriedgras, Carex arenaria, in Lychnis dioica, Gypsophila Struthium und in den Roßkastanien ist eine weiße, unkrystallisirbare, leicht zerreibliche, Anfangs süßlich, dann anhaltend scharf und kratzend schmeckende, geruchlose Masse. Das Pulver erregt, in der kleinsten Menge in die Nase gebracht, heftiges Niesen. Es löst sich leicht in Wasser und macht selbst noch 1000 Theile desselben beim Schütteln schäumend, es löst sich in 500 Theilen wasserfreiem kochenden Alkohol, wässeriger Weingeist löst es leichter, Äther gar nicht. Salpetersäure verwandelt es in ein saures gelbes Harz, Schleim- und Kleesäure, Alkalien

---

1) Aschoff begoß emulsinhaltige (Mohn-)Pflanzen mit Amygdalinlösung und fand bei der Destillation deutliche Spuren von Blausäure. Nur schade, daß er die Samen, statt sie zu destilliren, nicht mit Weingeist zerrieb, dieser hätte dann das präformirte Bittermandelöl und die Blausäure ausziehen müssen.

in Saponinsäure. Bis jetzt fand es noch keine Anwendung, die Wurzel wird aber statt Seife zum Waschen gebraucht.

Asparagin oder Althäin.

Das **Asparagin** $C_8H_{16}N_4O_6 + 2\dot{H}$ findet sich im Spargel, Asparagus officinalis, der Eibischwurzel, Althaea officinalis, daher auch **Althäin** genannt, und der Schwarzwurzel, Symphytum officinale, krystallisirt in farblosen, rhombischen, oder kurzen sechsseitigen Prismen, es ist geruchlos, schmeckt kühlend, fade, etwas ekelerregend, ist hart, spröde, knirscht zwischen den Zähnen, löst sich in 58 Theilen Wasser von 13° C., leichter in heißem; es ist auch in Weingeist, nicht aber in Alkohol, Äther, fetten und flüchtigen Ölen löslich. Durch Säuren und Alkalien wird es bei gewöhnlicher Temperatur nicht, in der Wärme aber in Ammoniak und Asparaginsäure zersetzt, ebenso durch trockene Destillation und in gährenden Flüssigkeiten. Von Metallsalzen wird es nicht gefällt.

Farbstoffe.

Farbstoffe.

Die gefärbten Extraktivstoffe, Farbstoffe oder Pigmente bilden eine große Reihe der verschiedenartigsten Substanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche, welche fast nur darin übereinstimmen, daß sie eine lebhafte Farbe besitzen, sonst aber sich theils mehr den Extraktivstoffen, theils mehr den Harzen nähern. Nach Preisser sollen jedoch alle Farbstoffe sowohl im gefärbten als farblosen Zustande deutlich sauer reagiren.

Vorkommen und Entstehen derselben in den Pflanzen.

Die Farbstoffe finden sich gewöhnlich an der Oberfläche der Pflanzen und in den mit der Luft am meisten in Berührung stehenden Theilen, in der Rinde, in den Blättern, Blüten und Früchten; nur wenige im Innern der Pflanze im Safte gelöst oder in fester Form abgelagert. Es ist aber deswegen nicht unwahrscheinlich, daß sie schon im Innern der Pflanze als eigene Verbindungen vorkommen, denen nur noch eine gewisse Menge Sauerstoff fehlt, um mit ihrer eigenthümlichen Färbung aufzutreten, und diese finden sie, sobald sie mit der Luft in näheren Verkehr treten. Es ist schon lange eine ziemliche Anzahl von Farbstoffen bekannt, welche in der Pflanze selbst als farblose Körper vorkommen, oder sich zu solchen reduciren lassen und die ihre Färbung erst einer Oxydation an der Luft theils ohne, theils unter Mitwirkung von Basen verdanken.

Persoz fand, daß Balsaminenpflanzen eine durch ihre Wurzeln aufgenommene Indigoauflösung im Innern entfärben und sie erst in den Blättern wieder mit der blauen Farbe erscheinen lassen. Preisser glaubt daher, daß die verschiedene Färbung der Farbstoffe auf einer stufenweisen Oxydation beruhe, welche ein gemeinschaftliches farbloses Princip bei seiner Annäherung an die Oberfläche der Pflanze erleidet, und fand auch bei vielen Farbstoffen, welche seither noch nicht farblos dargestellt worden waren, (bei allen, mit denen er Versuche anstellte) daß sie sich unter geeigneter Behandlung durch Desoxydation (mittelst Schwefelwasserstoff, Wasserstoff im Momente des Freiwerdens, Eisen- oder Zinnoxydul, Gährung rc.)

sämmtlich entfärben lassen und um so mehr Sauerstoff enthalten, je intensiver sie gefärbt sind [1]). Vgl. auch unten Chlorophyll.

Pflanzen, welche auf trockenem, steinigem Boden gewachsen sind, enthalten in der Regel mehr Farbstoff, als die auf nassem Boden erwachsenen. Ebenso zeichnen sich die in warmen Sommern gewachsenen vor denen in feuchten und kühlen gewachsenen aus. Die Blätter besitzen gewöhnlich zur Blütezeit der Pflanze die größte Menge desselben, das Holz ist daran zur Saftzeit ärmer, als außer derselben, die Rinden dagegen enthalten am meisten, wenn sie in vollem Safte sind und die Knospen sich öffnen. Der äußere Theil enthält im Allgemeinen weniger, als der mittlere und dieser weniger als der Bast. Die Rinde jüngerer Bäume ist im Allgemeinen farbreicher als die der älteren. In den Früchten ändert sich Qualität und Quantität des Farbstoffs nach den Graden ihrer Reife.

Die schweflige Säure bleicht die Farbe der meisten Farbstoffe, indem sie damit farblose Verbindungen bildet [2]). Chlor dagegen zerstört die Farbe von allen; auch durch längere Einwirkung des Lichts, namentlich bei Gegenwart von Wasser und durch stark erhitzte Luft werden sie gebleicht und bei höherer Temperatur gänzlich zerstört und verkohlt. Einige sind in Wasser, andere nur in Alkohol oder Äther, wenige in mehreren oder allen diesen Lösungsmitteln, oder in gar keinem derselben löslich. Bei ihrer Verbindung mit Alkalien wird im Allgemeinen die Farbe dunkler, aus Gelb wird häufig Braun, aus Roth Violett, Blau oder Grün. Säuren machen die Farben heller, die blauen in der Regel roth, die braunen und rothen gelb. Die chemische Zusammensetzung ist sehr verschieden, manche enthalten auch Stickstoff.

Zu Thonerde, Zinn- und anderen Oxyden, die in der Mitte zwischen Basen und Säuren stehen, haben sie eine ausgezeichnete Verwandtschaft

---

1) Die einzelnen Versuche von Preisser finden sich in Dingler's polytechn. Journ. 93. S. 103—130, im Auszug im pharm. Centralbl. 1844. S. 385—393 und im Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt 1844 S. 70 aus dem Journ. de pharm. 1844 März S. 191—212 und April S. 249—264. Über die Entstehung der Pflanzenfarben sind ferner zu vergleichen die Arbeiten von Dierbach, pharm. Centralbl. 1832; über die der Blütenfarben die Schrift von Clamor Marquart über die Pflanzenfarben, Bonn bei Habicht 1835, auch Buchner's Repertorium. 14. S. 171—177, oder ein Auszug dieser Schrift im pharm. Centralbl. 1836. S. 162—171 und eine kurze, aber ungünstige Kritik derselben in Schleiden's Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Aufl. I. 1845. S. 192 und Anm. auf S. 190; ebenso über die Farben der Blüten die Versuche von Hünefeld „zur Chemie der Pflanzenfarben, insbesondere der blauen" im pharm. Centralbl. 1837 S. 53—59 aus Journ. f. prakt. Chemie. 9. S. 217—238 und Hope über die Farbstoffe der Blätter und Blüten, Edinb. new phil. Journ. 1836 Oct. S. 315 und daraus pharm. Centralbl. 1837. S. 563.

2) Die rothen und blauen Farbstoffe der Blüten werden von der schwefligen Säure nach Hope, mit Ausnahme der von Centaurea cyanus, Commelina coerulea und Scabiosa atro-purpurea alle, von den orangegelben einige ganz, andere nur bis hellgelb entfärbt, die gelben Farbstoffe und Chlorophyll dagegen bleiben ganz unverändert. Auch Indigo und Carmin widerstehen vollkommen.

und bilden damit unlösliche Verbindungen, welche man **Lacke** nennt. Die Thonerdelacke werden meist dargestellt durch Auflösung des Farbstoffs in Alaunlösung und Fällung mit einem Alkali, wo der Farbstoff mit der Thonerde niederfällt und die Flüssigkeit farblos zurückläßt. Auch vegetabilische und noch leichter thierische Kohle entfärben diese Auflösungen bei freier Säure. Alkalien entziehen der Kohle den Farbstoff wieder. Man theilt die Farbstoffe, wie bereits angegeben, in gelbe, rothe, blaue und grüne.

1) Gelbe Farbstoffe.

Gelbe Farbstoffe. Luteolin.

Das **Luteolin** ist der gelbe Farbstoff des Wau, Reseda luteola, es läßt sich sublimiren und bildet gelbe durchscheinende Nadeln, löst sich wenig in Wasser und färbt es kaum gelb, löst sich in Alkohol und Äther; in Kalilauge mit gelber Farbe, welche allmälig schmutzig braun wird. Concentrirte Schwefelsäure bildet eine gelbrothe, concentrirte Salpetersäure eine pomeranzengelbe Lösung. Der Wau wird zum Gelb-, Grün- und Schwarzfärben und zur Darstellung eines feinen Schittgelb, einer Lackfarbe benutzt, indem man zu letzterem die Abkochung mit Alaun und Kreide fällt.

Rhamnusgelb.

Rhamnus- oder **Kreuzbeerengelb** in den nicht völlig reifen Früchten des Kreuzborns Rhamnus cathartica, des Färberdorns h. infectoria u. a. Rhamnusarten bildet eine grünlichgelbe Masse von sehr bitterem, ekelhaftem Geschmack, ist leicht löslich in Wasser, wird von Alkalien bräunlich gefärbt, von Alaun, Zinnchlorid und basisch essigsaurem Bleioxyd gelb gefällt und färbt Zeuge dauerhaft gelb.

Gelber Farbstoff des Lichen parietinus.

Der **gelbe Farbstoff** von Lichen parietinus krystallisirt aus einem mit kochendem Alkohol erhaltenem Auszug in langen glänzenden Blättchen, welche sich zusammenkneten lassen, in der Wärme leicht schmelzen und beim Erkalten zu einer krystallisirbaren Masse gestehen; ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol und Äther, wird von concentrirter Schwefelsäure mit carminrother Farbe gelöst, die bald nachher blutroth wird; mit Kalilauge Anfangs ebenfalls karminroth, nachher violett, Säuren fällen ihn daraus in gelben Flocken. Zinn- und Bleioxyd geben damit gelbe Niederschläge. Die Flechte enthält $3\frac{1}{2}\%$ Farbstoff, welcher $\frac{1}{7}$ rothen enthält.

Spiräin.

Das **Spiräin**, der gelbe Farbstoff aus den Blüten der Spiraea ulmaria, durch Ausziehen mit Äther erhalten, mit Wasser gefällt, dann in Alkohol gelöst, aus dem sich beim Erkalten das Fett ausscheidet, dann abgedampft, bildet ein gelbes, krystallinisches, nicht in Wasser, aber leicht in Äther und Alkohol lösliches Pulver. Die Lösung ist im concentrirten Zustande dunkelgrün, reagirt schwach sauer und treibt aus kohlensaurem Kali die Kohlensäure aus. Ätzkali löst es mit gelber Farbe. Barytwasser und Thonerde fällen die geistige Lösung gelb, neutrales essigsaures Bleioxyd carminroth, beim Trocknen schwarz werdend, Eisenoxydulsalze fällen es dunkelgrün, Eisenoxydsalze schwarz, Kupferoxyd grasgrün. Concentrirte Salpetersäure löst es in der Wärme mit rother Farbe. Aus der Auflösung in Schwefelsäure wird es von Wasser unverändert gefällt.

Chelidoxanthin.

Das **Chelidoxanthin**, der gelbe Bitterstoff des Chelidonium majus, bildet undeutliche Krystallnadeln, meist eine gelbe, in kaltem Wasser schwer, leichter in heißem, in Äther nicht, leicht aber in wässerigem Weingeist lösliche Masse. Die intensiv gelben Lösungen schmecken sehr bitter und werden durch Säuren und Alkalien nicht verändert, die wässerige Lösung wird aber durch Gallustinctur gefällt.

Blattgelb.

Das **Xanthophyll** oder Blattgelb erhält man aus den im Herbste gelb gewordenen Blättern durch Ausziehen mit Alkohol, woraus man beim Verdunsten das Blattgelb mit Fett als eine körnige Masse erhält. Letzteres kann durch Verseifen und Ausziehen mit kaltem Alkohol zum Theil entfernt werden. Es scheint verändertes Chlorophyll oder Blattgrün zu sein, das man aber künstlich nicht wieder herstellen kann. Vgl. auch Chlorophyll S. 349.

Berberin.

Das **Berberin**[1], der gelbe Farbstoff in der Wurzel des Sauerdorns, Berberis vulgaris (in der Rinde derselben zu 1,3 %) ist ein sehr lockeres, aus feinen, seidenartig glänzenden Nadeln bestehendes, intensiv gelbes Pulver; beim Erkalten einer kochend gesättigten wässerigen oder alkoholischen Auflösung schießt es in strahlenförmig gruppirten Prismen an. Es ist ohne Geruch, von stark und rein bitterem Geschmack, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, in 250 Theilen Alkohol von 82%, aber in jedem Verhältniß von kochendem Wasser und Alkohol, auch etwas in flüchtigen und fetten Ölen, nicht aber in Steinöl, Äther und Schwefelkohlenstoff löslich. Von concentrirter Schwefel- und Salpetersäure wird es zersetzt, aus seinen Auflösungen aber von diesen, wie von anderen Säuren unverändert gefällt, von Gerbsäure mit braungelber Farbe. Von trockenem Chlor wird es blutroth gefärbt, in Auflösung aber braun gefällt. Mit Alkalien geht es unter Verdunkelung seiner Farbe Verbindungen ein, aus denen es Säuren wieder unverändert abscheiden. Blei-, Zink- und Eisenoxydulsalze fällen es nicht. Bei Zusatz von sehr verdünnten Säuren zur alkoholischen Lösung bildet es mit diesen gelbe, krystallinische Verbindungen. Die Berberitzenwurzel wird zum Gelbfärben verwendet.

Verschiedene andere gelbe Farbstoffe.

Die Scharte, Serratula tinctoria, welche gleichfalls einen gelben Farbstoff enthält, der jedoch dem des Wau an Schönheit nachsteht, wurde früher mehr als jetzt gebraucht zum Gelb- und besonders zum Grünfärben; auch der Färbeginster, Genista tinctoria, enthält einen gelben Farbstoff, wird aber ebenfalls wenig benutzt. Aus den Birkenblättern bereitet man eine gelbe Lackfarbe, eine ordinäre Sorte Schittgelb, auch die Blüten der Acacie, Robinia pseudacacia[2], der Kartoffel[3], die Blätter der

---

1) Das Berberin gehört indessen nur seiner technischen Anwendung nach hierher (zu den gefärbten Extraktivstoffen), denn nach Fleitmann's Untersuchungen ist dasselbe eine der ausgesprochensten und beständigsten aller organischen Basen.

2) Man pflückt die Blüten, bevor sie aufgegangen, trocknet sie in einer Pfanne bei gelinder Hitze und kocht sie, wenn sie gelb geworden sind, mit Wasser, 1/16 Alaun und 1/32 Kreide. Der Absud färbt Seide, Wolle und Papier dauerhaft gelb.

3) Erdmann's Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie. IV. S. 496. V. S. 492

Lorbeerweide, italienischen Pappel, der Birn- und Maulbeerbäume[1]), das Kartoffelkraut[2]), die Luzerne, Medicago sativa, der Wiesenklee, Trifolium pratense, die Dotterblume, Caltha palustris, die Wallnußrinde[3]), Hainbuchenrinde, die Samen des rothen Wiesenklees, Trifolium pratense, und weißen Steinklees, Trifolium repens[4]) liefern gelbe Farbstoffe. Nickel empfiehlt die Benutzung der so verbreiteten Euphorbia Esula und E. Cyparissias auf einen gelben Farbstoff, welchen deren Blätter in ziemlicher Menge enthalten. Man kocht die Pflanzen mit alaunhaltigem Wasser und schlägt mit basisch essigsaurem Bleioxyd (Bleiessig) oder Zinnchlorür nieder.

Besser als die meisten angeführten eignen sich jedoch zur technischen Benutzung verschiedene andere gelbe Farbstoffe, die sich aber sämmtlich nur in ausländischen Pflanzen vorfinden, und von denen etwa hier nur die Curcumawurzel Erwähnung verdient, insofern der weingeistige Auszug (**Curcumatinctur**), oder damit gefärbtes Papier (**Curcumapapier**) als Reagens auf Alkalien und alkalische Erden dient, welche nebst einigen anderen Körpern, namentlich Borarsäure, die Eigenschaft besitzen, das Curcumagelb braun zu färben.

2) Rothe Farbstoffe.

Rothe Farbstoffe. Cochenilleroth.

Der schönste und dabei sehr haltbare rothe Farbstoff findet sich in mehreren Arten der Schildlaus und am reichlichsten in der **Cochenille**, Coccus Cacti, deren Farbstoff, **Carmin** ($C_{16}H_{26}NO_{10}$, Pelletier), daher auch zur Darstellung der feinsten karmesin- und scharlachrothen Zeug- und Tuschfarben am häufigsten in Anwendung kommt, allein diese so wie die anderen hieher gehörigen Schildlausarten gehören unseren Gegenden nicht an, mit Ausnahme der **deutschen Cochenille**, Johannisblut, Coccus polonicus, welche seit den ältesten Zeiten in Gebrauch war und ehedem in großen Mengen aus Sibirien, der Ukraine, Polen, Ungarn und Preußen bis in die Türkei verführt wurde. Das Insekt findet sich unter der Erde an verschiedenen Pflanzenwurzeln, wie des Johanniskrauts, Scleranthus perennis, des Bibernells, Pimpinella, des Glaskrauts, Parietaria, Bruchkrauts, Herniaria, des Mausöhrchens, Hieracium pilosella; auch auf dem Roggen, dem Knöterich, Huflattig, Erdbeerstrauch etc. Seitdem man aber die Baumcochenille kennt, welche so leicht der Cultur zu unterwerfen und zu sammeln ist und in den größten Quantitäten aus Mexiko bezogen wird, kam die deutsche oder Wurzelcochenille in Vergessenheit, und selbst Preise, welche in neuerer Zeit auf die gute Bereitung und Benutzung dieses Farbstoffes gesetzt wurden, hatten keinen günstigen Erfolg. Das Thier liefert so wenig Farbstoff und ist so schwer zu sammeln, daß es nicht der Mühe werth wäre, es wieder in Aufnahme bringen zu wollen.

---

1) Vogel in Dingler's polytechn. Journ. Bd. 24. S. 557.
2) a. a. O. 2. S. 416.
3) Magazin d. Erfindungen. Neue Folge. Bd. 2. H. 5. S. 37.
4) Erdmann's Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie. 7. S. 404.

Flechtenroth. Aus mehreren Flechtenarten wird ein rother, ins Violette übergehender Farbstoff, **Orseille, Persio**, gewonnen, welcher je nach der angewendeten Behandlung in einen blauen, **Lackmus**, übergeht. Der von Natur aus farblose Stoff erhält erst in Berührung mit Ammoniak an der Luft eine rothe und bei gleichzeitiger Gegenwart von kohlensaurem Kali eine blaue Farbe. Die Roccella tinctoria im Süden von Europa und andern wärmeren Gegenden und Lecanora tartarea in Schweden, England und Schottland liefern das **Erythrin** und die Variolaria dealbata gleichfalls in Südeuropa, aber auch in Deutschland, dort auf Alpen, hier mehr in Niederungen an Steinen, vorzüglich Granitfelsen das **Orcin**.

Beide Farbstoffe zeigen zwar ein verschiedenes Verhalten, liefern aber beide unter den angegebenen Umständen ein rothes Pigment.

Erythrin. Das **Erythrin** $C_{20}H_{24}C_{8}$, welches man erhält, wenn man die Flechte mit Wasser, Alkohol, oder am besten mit Ammoniakflüssigkeit auszieht, die **Roccellsäure** durch Chlorcalcium fällt, dann aus der ammoniakalischen Flüssigkeit das Erythrin durch Salzsäure niederschlägt, und durch Thierkohle reinigt, bildet ein weißes, krystallinisches, geruch- und geschmackloses Pulver, welches etwas über 100° C. zur durchsichtigen, farblosen Flüssigkeit schmilzt, durch stärkere Erhitzung ohne Ammoniakentwickelung zersetzt wird, in 170 kochendem Wasser, in 2,3 Th. siedendem und 22,5 kaltem Alkohol, nicht in Äther, wohl aber in concentrirter Schwefelsäure ohne Verkohlung, leicht in kochender Essigsäure, unter Zersetzung in Salpetersäure und nicht in Salzsäure löslich ist. Ätzende und kohlensaure Alkalien lösen es ohne Färbung auf, wo unter Luftabschluß **Erythrinbitter**, ein in Wasser und Alkohol leicht löslicher Körper entsteht, woraus sich dann an der Luft das Flechtenroth erzeugt. Letzteres ist in Wasser schwer, in Äther nicht, wohl aber in Weingeist mit karmesinrother, in Alkalien mit schön violetter Farbe auflöslich und wird daraus durch Säuren als feurig karminrothes Pulver gefällt. Schwefelwasserstoff bleicht die Farbe, welche aber bei Austreibung des Gases wieder erscheint. Der färbende Bestandtheil der Orseille und des Persio ist das aus dem Erythrin entstandene Flechtenroth, der des Lackmus ist eine unter Einfluß des kohlensauren Kali entstandene, in Wasser lösliche Modification desselben mit blauer Farbe, aus welcher Kane 4 verschiedene Farbstoffe darstellte: Erythroleïn, Erythrolitmin, Azolitmin und Spaniolitmin.

Orcin. Das **Orcin** $C_{18}H_{14}O_{3}$, welches man erhält durch Digestion der getrockneten Flechte mit kochendem Alkohol, Filtriren, Abdampfen zur Extraktdicke, Ausziehen mit Wasser, Abdampfen zur Krystallisation und weitere Reinigung der Krystalle, bildet mit 5 $\dot{H}$ farblose 4seitige Prismen von ekelhaft süßem Geschmack, löst sich in Wasser und Alkohol, ist schmelz- und sublimirbar, wird durch Salpetersäure blutroth gefärbt, mit Kali oder einem andern fixen Alkali bräunt es sich an der Luft unter Sauerstoffaufnahme. Die wässerige Lösung mit Ammoniak versetzt wird allmälig an der Luft dunkel blutroth unter Bildung der Ammoniakverbindung eines neuen

Körpers, dem **Orceïn**, welcher Stickstoff in einer andern Form als im Ammoniak enthält und von Essigsäure als braunrothes Pulver gefällt wird.

1 MG. Orcin =	$C_{18}H_{14}O_{3}$
aufgenommen aus der Luft	O_{5}
und außerdem 1 MG. Ammoniak =	H_{6} N_{2}
gibt 1 MG. Orceïn =	$C_{18}H_{20}O_{8}N_{2}$

Orseille. Um die **Orseille**, welche aus Roccella tinctoria von den canarischen Inseln, Corsica, Sardinien und als eine geringere Sorte aus der Variolaria orcina, dealbata (Aspergilla, Lichen corallinus) von den Alpen, Pyrenäen (in Bayern vom Rhöngebirge) gewonnen wird, darzustellen, zerreibt man die von Steinchen und Schmutz abgesiebten Flechten unter Mühlsteinen mit Wasser und gefaultem Harn (Ammoniak) und Kalk, um das kohlensaure Ammoniak im Harn in ätzendes zu verwandeln, zum dünnen Brei, welcher sich nach etwa 14 Tage in eine lebhaft violette Masse von Veilchengeruch verwandelt, die man feucht aufhebt. Man benutzt sie zum Roth- und Blaufärben der Wolle und Seide.

Persio. Den **Persio** bereitet man in England, Schottland und besonders in großer Menge in Schweden aus Lecanora tartarea, auch aus Lichen omphalodes, calcareus, saxatilis ganz so, wie bei der Orseille angegeben wurde, nur mit Harngeist, d. h. dem aus gefaultem Harn abdestillirten kohlensauren Ammoniak. Er kommt als violettrothes Pulver in den Handel.

Lackmus. Das **Lackmus** gewinnt man in Holland aus Lecanora tartarea, Roccella tartarea, wie die beiden vorigen, nur daß man später noch Pottasche, Kreide oder gebrannten Kalk und Gyps zusetzt, formt es in kleine Würfel und trocknet sie. Das Lackmus hat eine hellblaue Farbe, ein erdiges Aussehen und löst sich leicht in Wasser und verdünntem Weingeist unter Zurücklassung eines geringen Rückstandes von kohlensaurem Kalk, Thon- und Kieselerde, Gyps und Eisenoxyd. Man braucht die wässerige Auflösung desselben (**Lackmustinctur**), oder damit gefärbtes Papier (**blaues Lackmuspapier**), in der Chemie als Reagens auf Säuren und durch Umwandlung der Farbe in Roth mittelst sehr verdünnter Essigsäure als **rothes Lackmuspapier** auf Basen [1]). Es dient auch zum Blaufärben des Marmors, aber nicht in der Färberei.

Labkrautroth. Das **Labkrautroth** ist ein dem Krapproth ähnlicher Farbstoff in der Wurzel mehrerer Labkrautarten, wie Galium boreale, mollugo, sylvaticum ꝛc., welcher in der Schweiz, auf den Hebriden und in Rußland bisweilen zum Rothfärben benutzt wird. Auch die Wurzeln von Asperula tinctoria, cynanchica und odorata können statt Krapp zum Färben dienen.

---

1) Die Lackmustinctur wird (mit oder ohne Zusatz von Alkohol) in ganz vollen und gut verschlossenen Flaschen in einigen Monaten — nach Vogel in Folge von etwas Schwefelwasserstoffbildung aus dem Gehalte des Lackmus an schwefelsaurem Kali — entfärbt; durch wenige Tropfen Schwefelwasserstoffwasser schon in einigen Tagen. Kurzer Luftzutritt genügt zur Wiederherstellung der Farbe. Journ. f. prakt. Chemie. 16. S. 311—315; pharm. Centralbl. 1839. S. 165—168.

Die Wurzel von Comarum palustre wird in Finnland zum Rothfärben benutzt.

Johanniskrautroth. Das **Johanniskraut-** oder **Hypericumroth** aus den Blüten und Früchten von Hypericum perforatum durch Weingeist erhalten, bildet eine dunkelrothe, harzglänzende, in dünnen Lagen durchscheinende, weiche, klebende, leicht schmelzbare Masse von starkem, kamillenähnlichem Geruch (wahrscheinlich von beigemengtem ätherischen Öl) und scharfem, schwach aromatischem Geschmack, unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren, leichtlöslich in Alkohol, Äther und ätherischen Ölen; in fetten Ölen nur beim Erwärmen. Mit Alkalien bildet es eine grüne Auflösung, welche im concentrirten Zustande bei zurückfallendem Lichte roth erscheint. Mit alkalischen Erden und Metalloxyden bildet es meist grüne Niederschläge.

Blattroth. Das **Blattroth**, Erythrophyll, ist der rothe Farbstoff, welchen die Blätter mancher Bäume und Sträucher enthalten, wenn sie im Herbste roth werden. Alle diese enthalten denselben Farbstoff auch in ihren Früchten. Aus der abgedampften alkoholischen Lösung, welche man durch Ausziehen dieser Blätter erhält, wird er von Wasser nicht, wohl aber von essigsaurem Bleioxyd grasgrün gefällt, durch Schwefelwasserstoff aus dieser Verbindung ausgeschieden und die Lösung im luftleeren Raume abgedampft, bildet er eine rothbraune, wenig in Wasser, aber leicht in alkalischen Flüssigkeiten lösliche Masse. Die grünen alkalischen Verbindungen oxydiren sich an der Luft, nicht aber der Niederschlag mit Bleioxyd. Vgl. auch Chlorophyll.

Ampferroth. Das **Ampferroth** ist das rothe Pigment des gemeinen Ampfers (Rumex acetosa). Der farblose Absud der rothen Blätter wird durch Alkalien schön gelb, durch Säuren oder Alaun roth gefärbt. Die Wurzel des gemeinen und kleinen Ampfers (R. acetosella) soll eine schöne rothe Saftfarbe für Maler geben. Der Saft des blutaderigen Ampfers (R. sanguineus) wird an der Luft dunkelblau und ist zum Färben verwendbar.

Der gemeine Dosten (Origanum vulgare) wird zum Braun- und Hellrothfärben der Wolle benutzt; auch zum Hellrothfärben des Garns soll er dienen, wenn man Dosten und Apfelbaumlaub mit 1/4 Malzabsud und etwas Hefe gähren läßt, sobald die Mischung sauer ist, ausdrückt, die ausgedrückten Blätter mit Wasser kocht und den Absud zum Färben verwendet.

Brennnesselroth. Das **Brennnesselroth** findet sich in den rothen Stengeln der Brennnessel Urtica diorca im Herbste, wenn die Blätter abgefallen sind, wird daraus durch Digestion mit Wasser erhalten und durch Zinnchlorür mit rother Farbe gefällt. Die vom Niederschlage getrennte hochrothe Flüssigkeit färbt Seide rosen- bis hochroth.

Rother Farbstoff der Blumen. **Der rothe Farbstoff der Blumen**, wie der Rosen, des Feldmohns rc., welchen man nach vorheriger Entfernung des Fettes durch Ausziehen mit Weingeist erhält, ist eine dunkelrothe Masse oder ein hochrothes Pulver, leicht löslich in Wasser und wässerigem Weingeist, unlöslich in Äther und Ölen. Säuren erhöhen gewöhnlich die Farbe, Alkalien ändern sie in

Blau, dann in Grün, endlich in Gelb. Basisch essigsaures Bleioxyd fällt die meisten grün oder gelb, neutrales mehr blau oder violett. Licht bleicht diese Farben bald, Chlor sogleich.

und Früchte.

Ähnlich verhält sich der rothe Farbstoff der Früchte, wie Kirschen[1]), Berberitzen, Himbeeren, Hollunder- und Attigbeeren, Heidelbeeren, Ligusterbeeren, Krähenbeeren (Empetrum nigrum) und der violette in den Früchten des Mahalebstrauchs und der Brombeeren. Die unreifen Beeren von Actaea spicata färben mit Weinstein und Zinnauflösung schön roth, die reifen mit Alaun schwarz. Die Beeren des Kreuzdorns (Rhamnus cathartica) geben unreif wie die Rinde eine gelbe Farbe, reif mit Alaun eine grüne und überreif im Winter eine purpurrothe.

Die am häufigsten benutzten sind aber auch bei den rothen Farbstoffen wieder ausländische, oder wenigstens, wie der Krapp und Safflor, bei uns nur cultivirte. Die oben angegebenen Galiumarten sollen indessen einen dem Krapp nahe kommenden rothen Farbstoff enthalten.

Phlobaphen.

Ein, wie es scheint, sehr weit verbreiteter braunrother Farbstoff ist das von Stähelin und Hofstätter in der Rinde von Pinus sylvestris, Platanus acerifolia und Betula alba aufgefundene **Phlobaphen** $C_{20}H_8O_8$. Er ist sowohl durch Alkohol, als durch Kali ausziehbar, in jenem Falle durch Wasser, in diesem durch Säuren fällbar; in Wasser nicht, wohl aber in Alkalien und zwar mit tiefbraunrother Farbe löslich, in verdünnten Säuren und Alkohol ist er nicht löslich, geruch- und geschmacklos, völlig luftbeständig und wird von Bleisalzen rothbraun gefällt.

3) Blaue Farbstoffe.

Blaue Farbstoffe. Indigo.

Nicht nur unter den blauen, sondern überhaupt unter allen organischen Farbstoffen ist der **Indigo**[2]) die dauerhafteste, sowohl gegen atmosphärische, als andere chemischen Einflüsse, indem er weder durch das Licht, noch durch die stärksten Säuren oder Alkalien verändert wird.

Vorkommen.

Man erhält ihn aus Indigofera tinctoria, I. disperma, I. Anil und andern Pflanzen dieser Gattung aus Ostindien und Amerika, aus Nerium tinctorium in Ostindien, aus Polygonum tinctorium in China, aus Asclepias tingens und dem bei uns ehedem häufig cultivirten und auch wildwachsenden Waid, Isatis tinctoria.

Darstellung.

Die blaue Farbe des Indigo ist als solche in der Pflanze selbst noch nicht vorhanden, sondern entwickelt sich erst bei der Darstellung durch Oxydation an der Luft. Man übergießt die zur Blütezeit abgeschnittenen Blätter mit Wasser. Es tritt bald eine Gährung ein, (welche aber zu nichts dienen und jetzt ebenso gut durch Anwendung von warmem Wasser ersetzt

---

1) Über den rothen Farbstoff der Kirschen und schwarzen Johannisbeeren vgl. Berzelius in den Ann. d. Pharm. 21. S. 257—267; pharm. Centralbl. 1837. S. 376—377.

2) Die chemische Zusammensetzung seines Hauptbestandtheils, des Indigblau, s. S. 347.

werden soll), wobei sich die Flüssigkeit unter reichlicher Kohlensäureentwickelung gelb färbt. Die gelbe Brühe wird abgelassen und theils zur Entfernung der Kohlensäure, theils zur hinreichenden Berührung mit der Luft mit Schaufeln gut durcheinander gearbeitet, wobei der gelbe Farbstoff durch Sauerstoffaufnahme in eine blaue unlösliche Verbindung übergeht, welche sich in kleinen Körnern zu Boden setzt, die man dann mit Wasser auskocht, noch feucht in Stücke formt und trocknet. Aus dem Waid schlägt man den Farbstoff mit Kalkwasser nieder und zieht nachher den kohlensauren Kalk wieder mit Salzsäure aus. Obgleich der Waid seit Jahrhunderten zum Blaufärben diente und namentlich zur Zeit der Continentalsperre wieder sehr in Aufnahme kam, so ist er doch jetzt ziemlich in Vergessenheit gekommen, weil sein Pigment an Quantität und Qualität dem der indischen Pflanzen sehr nachsteht.

Eigenschaften.

Der Indigo ist eine dunkelblaue feste Masse von mattem erdigen Bruch, nimmt aber durch Reiben mit glatten Körpern einen Kupferglanz an. Er ist bald leichter, bald schwerer als Wasser, was theils von fremden Beimengungen, theils von der Behandlungsweise bei der Darstellung herrührt. In Wasser, kaltem Alkohol, Äther, Salzsäure, verdünnter Schwefelsäure, kalten ätherischen und fetten Ölen ist der Indigo unlöslich; kochender Alkohol, heiße ätherische und fette Öle lösen etwas davon auf, lassen es aber beim Erkalten wieder fallen. Er löst sich in kaltem Vitriolöl mit schön blauer Farbe auf, 4 Theile derselben bilden mit 1 Th. Indigo beim Zerreiben unter Wärmeentwickelung und Aufschwellen eine schwarzblaue syrupdicke Masse, welche sich nach einigen Stunden mit blauer Farbe in Wasser auflöst, **Indigotinctur.** Englische Schwefelsäure braucht hierzu 12—24 Stunden und zerstört auch, vermöge ihres Gehaltes an Salpetersäure, einen Theil des Farbstoffs. Die Auflösung bleibt bei der Neutralisation mit kohlensaurem Kali oder Kalk blau und läßt nur einen Theil des veränderten Indigo als blaues Pulver fallen; dieselbe Fällung bewirken mehrere Neutralsalze, wie Salmiak, Kochsalz, Glaubersalz, Alaun rc. Mit reinem Kali gibt er eine blaue, allmälig grün und farblos werdende Lösung. Der Indigo wird durch desoxydirende Substanzen wieder in den farblosen Zustand zurückgeführt, z. B. durch Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefelarsenik, Eisenoxydul, gährende oder faulende Körper, wie in Zersetzung begriffener Waid, Kleie, Krappwurzeln, Syrup rc.

Die verschiedenen Farbstoffe des Indigo.

Der Indigo ist ein Gemenge von 3 verschiedenen Farbstoffen, Indigbraun, Indigroth und Indigblau, welche ungefähr die Hälfte seines Gewichts ausmachen, dann aus Indigleim und erdigen Substanzen: Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Kalk- und Talkerde.

Darstellung des Indigblau.

Verdünnte Schwefelsäure zieht den Indigleim aus, sodann kochende Kalilauge das Indigbraun und kochender Weingeist hierauf das Indigroth. Der Rückstand ist unreines Indigblau, welches man durch Reduction von fremdartigen Beimengungen reinigt. Man läßt es in einem verstopften Gefäße mit 3—4 Theilen gelöschtem Kalk und 2 Theilen Eisen-

vitriol ($\dot{F}e\ddot{S}$) nebst warmem Wasser einige Stunden in Berührung. Ein Theil des Kalks verbindet sich hierbei mit der Schwefelsäure des Eisenvitriols zu Gyps, das frei gewordene Eisenoxydul entzieht dem Indigo einen Theil seines Sauerstoffs und verwandelt sich unter Aufnahme von Wasser in Eisenoxydhydrat, der dadurch reducirte und wieder gelb gewordene Farbstoff, der an und für sich im Wasser unauflöslich ist, bildet mit dem andern Theile des Kalks eine in Wasser auflösliche Verbindung, während Gyps, Eisenoxydhydrat und die dem Indigo beigemengten fremden Stoffe als Bodensatz zurückbleiben. Aus der abgegossenen Flüssigkeit wird nun mit Salzsäure der gelbe Farbstoff gefällt, wobei er augenblicklich Sauerstoff an der Luft anzieht und als Indigblau niederfällt.

Eigenschaften.

Das reine Indigblau $C_{16}H_{10}N_2O_2$ besitzt eine tief purpurblaue Farbe, verwandelt sich bei 290° C. in einen purpurfarbigen Dampf, der sich an kalte Flächen als ebenso gefärbte Blättchen und Nadeln sublimirt, wobei aber auch viel Kohle zurückbleibt, während zugleich ein flüchtiges Brandöl entsteht. Es ist in Wasser, Weingeist, Äther, ätherischen und fetten Ölen, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich. Nur kochender Weingeist löst etwas Weniges davon auf, läßt es aber beim Erkalten wieder fallen. Von Chlor wird es zerstört und braungelb gefärbt, von schwefliger Säure aber nicht verändert. Rauchende Schwefelsäure löst es unter Wärmeentwickelung zur dunkelblauen Flüssigkeit auf, wobei sich Indigblauschwefelsäure, Indigblauunterschwefelsäure und Indigpurpur erzeugen. Durch Salpetersäure wird es zuerst in farblose Indigsäure $C_{14}H_8N_2O_9$, dann in gelbe Pikrinsalpetersäure (Kohlenstickstoffsäure, Bittersäure oder Welter'sches Bitter) $C_{12}H_4N_6O_{13} + \dot{H}$ verwandelt. Letztere ist ein empfindliches Reagens auf Ätzkali, womit sie einen hellgelben Niederschlag bildet, besonders wenn beide in Alkohol gelöst sind.

In Berührung mit leicht oxydirbaren Stoffen, wie Eisen- und Zinnoxydulsalzen, schwefligsauren Salzen, Schwefelkalium, Schwefelantimon, Schwefelarsenik, Eisen-, Zinn- und Zinkfeilspänen, faulenden Pflanzenstoffen, wird es besonders bei Gegenwart von Alkalien und alkalischen Erden sehr schnell reducirt, in reducirten Indigo oder Indigweiß verwandelt, dessen Zusammensetzung man ausdrücken kann entweder durch die Formel: $C_{16}H_{10}N_2O + \dot{H}$, wonach also der Indigo wirklich durch diese Umwandlung Sauerstoff verlöre ($C_{16}H_{10}N_2O_2 - O$), oder durch die Formel: $C_{16}H_{10}N_2O_2 + H_2 = C_{16}H_{12}N_2O_2$, wobei kein Sauerstoff abgegeben, aber Wasserstoff aufgenommen würde. In beiden Fällen würde durch die desoxydirenden Stoffe Wasser zerlegt, dessen Wasserstoff im zweiten Falle sich unmittelbar mit dem Indigblau verbindet, im ersten aber dem letzteren Sauerstoff entzieht, um sich damit wieder zu Wasser zu verbinden. Oder: es wird der Sauerstoff unmittelbar dem Indigblau entzogen, welches dann in dieser Form nur als Hydrat bestehen kann und sich sogleich mit einem Atom Wasser verbindet.

Anwendung. Der Indigo bildet in der Färberei das wichtigste Material zur Herstellung blauer und mit gelben und rothen Pigmenten von grünen und violetten Farben für Wolle, Seide, Baumwolle und Leinwand, auch zum Färben des Papiers und als unschädlicher Stoff zum Färben der Liköre ꝛc. In der Chemie wird die Auflösung desselben in Schwefelsäure als Reagens auf Chlor und die Lösung des reducirten Indigs zur Entdeckung kleiner Mengen von Sauerstoff in Gasgemengen oder Flüssigkeiten benutzt.

Lackmus. Das **Lackmus**, welches ursprünglich zu den rothen Farbstoffen gehört, ist bereits unter diesen (S. 343) abgehandelt worden.

Verschiedene andere blaue Farbstoffe. Überhaupt kommen die meisten organischen Stoffe, welche man als blaue Farbmaterialien benutzen kann, in den Pflanzen als rothe vor, nehmen erst in Berührung mit alkalischen Körpern eine blaue Farbe an und viele, die schon natürlich blau oder violett vorkommen, scheinen diese Färbung nur einer Verbindung mit Alkali zu verdanken, so daß es im Ganzen schwer zu entscheiden ist, ob ein solcher Farbstoff ursprünglich roth oder blau war. Man erhält blaue Farbstoffe namentlich aus den Blüten, wie von Viola, Iris, Aquilegia vulgaris, Malva sylvestris, Campanula, Aconitum, Delphinium, Centaurea cyanus [1]) und aus vielen rothen Farbstoffen der oben angeführten Früchte, aus rothen Rettigen, Blaukohl ꝛc. [2])

4) Grüne Farbstoffe.

Grüne Farbstoffe. Blattgrün. Die grüne Farbe ist am meisten im Pflanzenreiche verbreitet, alle Blätter und krautartigen oder jungen Stengel, alle unreifen Früchte der phanerogamischen Gewächse sind in der Regel grün, selbst die Blätter und Stengel der meisten Laubmoose; nur die niedrigeren Pflanzen, die Algen, Flechten und Schwämme sind anders gefärbt. Diese grüne Färbung wird durchgehends von dem nämlichen Farbstoff, dem Blattgrün hervorgebracht.

Das **Blattgrün** oder Chlorophyll $C_{18}H_{18}N_2O_8$ ist ein Gemenge aus einer farblosen Wachsart $C_{15}H_{30}O$ und einem grünen Farbstoffe. Den letzteren erhält man für sich, wenn man frische Blätter zerquetscht, mit Äther auszieht und letzteren abdestillirt. Der Rückstand wird mit heißem Alkohol ausgezogen, welcher beim Erkalten das Wachs abscheidet, filtrirt, abgedampft, mit Salzsäure ausgezogen, daraus durch Wasser das Blattgrün gefällt, ausgewaschen, mit Wasser ausgekocht und getrocknet. Das so erhaltene Blattgrün ist eine dunkelgrüne, gepulvert grasgrüne, in Wasser nicht, in Alkohol und Äther schwer, in Kalilauge mit geringem Rückstand lösliche und daraus wieder durch Essigsäure fällbare Masse, welche in höherer Temperatur ohne Schmelzung zersetzt wird. Schwefel- und

---

1) Man erhält daraus das Kornblumenblau, wenn man den aus den zerquetschten Blumenblättern gepreßten Saft mit etwas Alaun versetzt, als blaue Saftfarbe.

2) Über einen dunkelblauen Farbstoff aus einigen Moosarten, wie Bryum stellare, vgl. Jahrb. f. prakt. Pharm. 10. S. 245—246; pharm. Centralbl. 1845. S. 607.

Salzsäure lösen es mit smaragdgrüner Farbe auf. Wasser schlägt es aus dieser Auflösung nieder, während die Flüssigkeit eine Aquamarinfarbe annimmt. Durch Chlor wird es leicht gebleicht, durch Salpetersäure gelb gelöst und daraus durch Wasser nicht wieder gefällt. Von Alkalien wird es mit grüner Farbe gelöst, woraus sich beim Abdampfen Chlorophyllkali absetzt, was sich leicht in Wasser mit schön grüner Farbe auflöst. Durch Kalk- und Barytwasser, Alaunlösung und Bleioxyd wird es grün gefällt. Durch Schwefelwasserstoff wird es nicht entfärbt, durch Zink aber, welches man in seine salzsaure Auflösung wirft (H), wird es gelb und an der Luft zum Theil wieder grün.

Es verhält sich also in dieser Beziehung wie Indigo, es wird durch Wasserstoff entfärbt und entsteht auch in diesem farblosen Zustande. Es wird nicht eher grün, als bis es die zu seiner Färbung nöthige Sauerstoffmenge findet, welche ihm bei der zugleich stattfindenden Entstehung von Wachs dargeboten wird. Dies ist auch der Grund, warum sich die Pflanzen nur an den dem Lichte ausgesetzten Stellen grün färben. Nur am Lichte wird Sauerstoff ausgeschieden. Das Gemenge aus grünem Farbstoff und Wachs, welches man im physiologischen Sinne mit Chlorophyll bezeichnet, entsteht nach den Beobachtungen von Mohl aus Stärkmehl. Er fand nämlich, daß das Chlorophyll, theils in Körnern, theils formlos, in den Pflanzen vorkommt. Die Körner werden von Alkohol nicht aufgelöst, sondern blos einer grünen Schichte von Wachs und Blattgrün beraubt. Der zurückbleibende farblose Kern ist ein Amylonkörnchen. Die gallertartige Chlorophyllhülle dieser Amylonkörnchen vereinigt sich später mit der des zunächst liegenden und endlich mit noch mehreren unter allmäligem Verschwinden des Amylonkörnchens; es entsteht so das formlose Chlorophyll. Man kann es sich so vorstellen, daß 5 Atome Amylon 4 Atome Wachs und 56 Atome Sauerstoff liefern:

$$5 \times (C_{12}H_{20}O_{10}) + 10\dot{H}$$
$$C_{60}H_{120}O_{60}$$
$$C_{60}H_{120}O_{4}$$
$$\overline{\qquad\qquad O_{56}\qquad\qquad}$$

Erfordert nun auch der noch ungefärbte Farbstoff eine gewisse Menge Sauerstoff, um grün zu werden, so ist doch diese Quantität im Verhältnisse zu der bei der Wachsbildung ausgeschiedenen so gering (etwa wie die des Farbstoffes gefärbter Zeuge), daß man den Übergang des Stärkmehls in Chlorophyll als die Ursache der Sauerstoffentwickelung durch die grünen Pflanzentheile annehmen kann. Zur Bildung des Farbstoffes ist übrigens außer Stärkmehl auch noch ein stickstoffhaltiger Körper nöthig, über dessen Natur man noch nichts weiß. Nach Mulder ist es wahrscheinlich Proteïn.

Die Auflösung des reinen Blattgrüns färbt sich am Sonnenlicht in wenig Stunden gelb, daher die g e l b e Färbung der Blätter im Herbste, wenn die Sauerstoffentwickelung, d. h. die Wachsbildung, aufhört. Das

Blattgelb scheint also desoxydirtes Blattgrün zu sein; es läßt sich wenigstens durch desoxydirende Körper nicht wieder in Grün umwandeln. Die rothe Färbung der Blätter im Herbste und auch die bei einigen Gewächsen, wie Fagus sylvatica var. purpurea im Sommer vorkommende rothe Farbe dagegen wird durch desoxydirende Stoffe, wie schwefelsaures Eisenoxydul, schön grün. Die braune Färbung der absterbenden Blätter ist die Folge von Humusbildung, einer Zersetzung des Pflanzenzellstoffs in Ulminsäure, wodurch alle anderen Farbstoffe der Blätter verdeckt werden. Ebenso scheint es sich mit der Farbe der Früchte zu verhalten. Beim Auswaschen von durch kohlensauren Kalk gefälltem Chlorophyll mit verdünnter Salzsäure zeigt die schwachsaure Lösung nach Mulder eine sehr schöne indigblaue Färbung, während der grüne Farbstoff auf dem Filter bleibt. Es mag demnach wohl auch der blaue Farbstoff mancher Pflanzentheile seinen Ursprung dem Chlorophyll verdanken.

Berzelius unterscheidet drei verschiedene Modificationen des Chlorophylls: 1) Das der frischen Blätter, welches sich in kochender Essigsäure mit apfelgrüner Farbe löst und beim Erkalten mit gleicher Farbe niederfällt; 2) Das Chlorophyll der trockenen Blätter, welches sich indigblau auflöst und dunkelschwarzgrün abscheidet; 3) Das der dunkel gefärbten Blätter, z. B. von Pyrus aria, welches sich grünlichbraun auflöst und ebenso abscheidet[1]).

Holzgrün. Das vermoderte Holz zeigt bisweilen eine grüne bis indigblaue Farbe, welche von einem eigenen bei diesem Zersetzungsprozesse entstehenden Farbstoffe, dem **Holzgrün** herrührt. Es ist eine dunkelgrüne, etwas in Alkohol, nicht in Äther und Wasser, wohl aber in alkalischen Flüssigkeiten, Salpetersäure und Schwefelsäure ohne Zersetzung lösliche Substanz.

Saftgrün. Das **Saftgrün** findet sich im Safte der reifen Kreuzbeeren, Rhamnus cathartica (die unreifen Beeren geben Gelb, die überreifen Roth, s. Rhamnusgelb S. 339 u. 345). Der Saft wird zur Syrupdicke verdampft, auf jedes Pfund rohen Saft ½ Quentchen Alaun oder Alaun und Pottasche zugesetzt und dann bei gelinder Wärme zur Trockne verdunstet. Das in Wasser lösliche Pigment wird durch Alkalien gelb, durch Säuren roth gefärbt, durch Kreide wieder grün. Es kommt in Blasen gepackt unter dem Namen Saft- oder Blasengrün in den Handel und wird in der Wassermalerei zum Illuminiren gebraucht.

Die unreifen Beeren der Tollkirsche (Atropa Belladonna) und der Wolfsbeere (Paris quadrifolia) liefern gleichfalls grüne Malerfarben. Das Kraut von Senecio Jacobaea und Polypodium filix mas färbt die Wolle zwar schön dunkelgrün, aber nicht dauerhaft. Auch die innere Rinde des Traubenkirschenbaums, Faulbeerstrauchs und die Heidelbeerblätter hat man zum Grünfärben angewendet.

---

1) Näheres hierüber in Compt. rend. 1838. Nr. 19 und von da im pharm. Centralbl. 1838. S. 587—588.

Eiweißartige Pflanzenstoffe.

Eiweißartige Pflanzenstoffe

Man kann zu dieser Abtheilung eine Reihe von indifferenten, stickstoff- und meist auch schwefelhaltigen, amorphen, farblosen Körpern rechnen, welche fast sämmtlich in allen Pflanzen vorkommen. Sie sind alle in alkalischen Flüssigkeiten und bis auf den Pflanzenleim und das Fibrin auch in Wasser auflöslich. Aus ihren Auflösungen, die sich an der Luft sehr bald zersetzen, werden sie größtentheils durch Alkohol, mehrere auch durch überschüssige Mineralsäuren und zum Theil schon bei Abwesenheit von Alkalien durch bloßes Kochen aus ihren wässerigen Lösungen gefällt. Sie werden in höherer Temperatur zersetzt unter Bildung eigenthümlich stinkender, flüchtiger, ammoniakalischer Produkte und sind ohne besonderen Geschmack und ohne arzneiliche oder giftige Wirkung auf den Organismus.

Proteïn und Proteïnverbindungen.

Drei davon, das Pflanzenalbumin, Pflanzenfibrin und Pflanzencaseïn besitzen den gemeinschaftlichen Charakter, sich unter Zersetzung in mäßig starker Salzsäure mit indigo- oder violettblauer Farbe zu lösen. Wenn sie in Kalilauge gelöst und gekocht werden, so entsteht aus ihrem Schwefelgehalt Schwefelkalium und bei vorsichtigem Neutralisiren mit Essigsäure nach vollständiger Ausziehung des Schwefels, erhält man unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas einen gelatinösen Niederschlag, welcher bei allen dreien eine gleiche Zusammensetzung besitzt. Mulder, welcher die Bildung dieses Körpers zuerst beobachtet hatte, nannte ihn als die Grundlage dieser Körper Proteïn (von πρωτεύω, bin der erste) und alle Verbindungen, aus denen er darstellbar ist, Proteïnverbindungen. Man fand ihn, wenn auch von anderer Form, doch von gleichem chemischen Verhalten in den entsprechenden Substanzen der Thiere.[1])

Das **Proteïn** $\overset{+}{Pr} = C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$ bildet im feuchten Zustande durchscheinende, grauliche Flocken, die beim Trocknen gelblich, hart und spröde werden. Es ist geschmack- und geruchlos, zieht begierig Wasser aus der Luft an, welches es bei 100° C. wieder verliert. In Wasser sinkt es unter, schwillt an, ist aber weder in Wasser, noch in Alkohol, Äther oder flüchtigen Ölen löslich. Durch anhaltendes Kochen löst sich etwas davon, aber in verändertem Zustande im Wasser auf. Essigsäure und Phosphorsäure lösen es bei jedem Concentrationsgrad, die anderen Mineralsäuren nur im verdünnten Zustande. Concentrirte Säuren fällen aus dieser Lösung eine darin unlösliche Verbindung des Proteïns mit der Säure. Aus den sauren Lösungen wird es gleichfalls durch Blutlaugensalz, Gerbsäure und Neutralisation mit Alkali gefällt.

---

1) Die Haltbarkeit der Proteïntheorie wird durch Laskowski in Zweifel gezogen, welcher bei seinen, unter Liebig's Leitung angestellten Versuchen fand, daß das Proteïn nicht frei von Schwefel zu erhalten sei. Vgl. Ann. d. Chem. u. Pharm. 58. S. 129—166, oder von da pharm. Centralbl. 1846. S. 513, und als Rechtfertigung: Mulder, neue Beiträge zur Geschichte des Proteïns 2c. Frankfurt a. M., Keller. 1846.

Von concentrirter Salzsäure wird es mit indigblauer Farbe gelöst, beim Kochen wird die Lösung schwarz. Mit concentrirter Schwefelsäure bildet es eine Gallerte, die sich in Wasser zusammenzieht und, nach dem Auswaschen mit Wasser und Alkohol, Lackmus nicht röthet, in Alkalien löslich ist, 8,34 Schwefelsäure enthält und von Mulder Proteïnschwefelsäure genannt wird. Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht wird es purpurfarbig.

Mit Alkalien und alkalischen Erden bildet das Proteïn in Wasser leicht lösliche, durch Alkohol fällbare Verbindungen.

Albumin oder Eiweißstoff. Vorkommen.

Das **Albumin**, Thier- oder Pflanzeneiweißstoff, $10\,\overset{+}{Pr} + PS = C_{400}H_{620}N_{100}PSO_{120}$ findet sich nur an Alkali gebunden in der Natur und zwar als einer der wichtigsten Bestandtheile des Thier- und Pflanzenkörpers. Die concentrirtesten Lösungen desselben sind das Eiweiß (gegen 12%) und das Blutwasser (8%). Es findet sich ferner in allen Pflanzensäften gelöst, am reichlichsten in den sogenannten Gemüsepflanzen, ferner in dem weißen Bestandtheil der ölreichen Samen.

Eigenschaften.

Man unterscheidet zwei polymere Modificationen, nämlich ungeronnenes, oder a Albumin und geronnenes, oder b Albumin.

a Albumin.

Das a Albumin bildet im trockenen Zustande ein weißes oder blaßgelbliches Pulver, das geruch- und geschmacklos ist und bis 100° C. ohne Veränderung erhitzt werden kann. Im Wasser schwillt es allmälig an und löst sich endlich zur schleimigen, schäumenden, geschmack- und farblosen Flüssigkeit, welche beim Erhitzen bis 60° C. trüb wird und zwischen 63 und 75° erstarrt und zwar bei 1 Theil Albumin auf 7 Th. Wasser zur festen, bläulichweißen, emailartigen, durchscheinenden Masse. Bei größerer Verdünnung gerinnt es blos in Flocken. Alkohol coagulirt Albumin in concentrirten Lösungen, ebenso auch Äther. Von letzterem wird jedoch Blutalbumin nicht gefällt und dessen Zusammensetzung ist $10\,\overset{+}{Pr} + PS_2$. Auch durch geringe Mengen Kreosot und Gerbsäure gerinnt es. Mit Schwefelsäure und anderen anorganischen Säuren coagulirt es nur bei einem Überschuß der Säure oder beim Erhitzen. Mit Alkalien und alkalischen Erden, Erden und Metallsalzen geht es auflösliche Verbindungen ein, welche aber sämmtlich b Albumin enthalten.

b Albumin.

Das b Albumin besteht aus gelblichen, durchscheinenden harten Stückchen, die erst unter Zersetzung schmelzen und dabei wie a Albumin Schwefelammonium entwickeln. Es schwillt im Wasser allmälig an, wird leicht und emailartig und löst sich nach langem Kochen mit Wasser verändert theilweise darin auf. Es ist unlöslich in Alkohol, Äther, flüchtigen und fetten Ölen, löst sich in verdünnten Säuren auf, wird aber vom Überschuß derselben mit Ausnahme von c Phosphorsäure und Essigsäure gefällt. Alkohol fällt auch die in Wasser gelösten Verbindungen des b Albumins mit Säuren. Es löst sich in verdünnten Auflösungen der Alkalien und alkalischen Erden, wird aber daraus wieder durch einen beträchtlichen Überschuß des Alkali oder durch Alkohol gefällt.

Das **Caseïn**, Legumin oder der Käsestoff 10 Pr + S ist im alkalihaltigen Zustande ein Hauptbestandtheil der Thiermilch, der Hülsenfrüchte und auch in den öligen Samen neben Pflanzenalbumin enthalten. — Caseïn (Legumin). Vorkommen.

Um das Pflanzencaseïn zu erhalten, reibt man in warmem Wasser erweichte Bohnen, Linsen oder Erbsen zum feinen Brei und dann mit vielem Wasser zusammen, gießt die Flüssigkeit durch ein feines Sieb, worauf die Hülsen zurückbleiben, während Stärkmehl und Caseïn durchfließen. Ersteres setzt sich am Boden ab, letzteres ist in der Flüssigkeit gelöst, woraus man es durch wenig Essigsäure fällt, mit Wasser, dann mit Alkohol und endlich mit Äther auswäscht. — Darstellung.

So dargestellt hat das Caseïn das Aussehen von Stärkekleister, bläut geröthetes Lackmuspapier (was es nach dem Trocknen nicht mehr thut). In diesem ungeronnenen Zustande heißt es a Caseïn, während das geronnene mit b Caseïn bezeichnet wird. — Eigenschaften.

Das a Caseïn bildet im trockenen Zustande eine gelbliche, durchsichtige Masse, die in der Wärme, ohne zu gerinnen, schmilzt, in Wasser vollkommen löslich ist, beim Abdampfen sich mit einer Haut überzieht, von Säuren gefällt, von überschüssiger Oxal- oder Weinsäure, nicht aber von Essigsäure gelöst wird. Diese sauren Niederschläge werden von Schwefel- und Salpetersäure gefällt. Es löst sich, obgleich nur schwierig, in Alkohol auf und wird aus dieser Auflösung durch überschüssige Säure nicht gefällt, wie denn auch Alkohol die sauren Verbindungen des Käsestoffs leicht auflöst. Mit Alkalien und alkalischen Erden bildet es lösliche, durch einen Überschuß der Basis und durch Erd- und Metallsalze wieder fällbare Verbindungen. — a Caseïn.

Das b Caseïn, welches man durch Erwärmen von a Caseïnlösung mit Essigsäure erhält, ist im trockenen Zustande gelblich, durchscheinend und hart, quillt in Wasser langsam zur weißen, undurchsichtigen Masse auf. Vor dem völligen Austrocknen erhitzt, erweicht es zur elastischen, fadenziehenden Masse, die endlich bei steigender Hitze unter Schmelzen zersetzt wird. Es ist unlöslich in Alkohol und Äther und verhält sich gegen Säuren wie b Albumin, wobei die Lösungen b Caseïn enthalten, da es nicht wieder in den ungeronnenen Zustand zurückzuführen ist. Auch gegen Alkalien und Metallsalze verhält es sich wie Albumin. Das frisch gefällte Caseïn geht, indem es allmälig durchscheinender wird und einen üblen Geruch entwickelt, in eine lange dauernde Fäulniß über. — b Caseïn.

Das Pflanzencaseïn bildet nebst dem Fibrin und Albumin die nährendsten Bestandtheile der Vegetabilien, welche bei der Verdauung, um in die entsprechenden Thierstoffe überzugehen, nur eine Änderung der Structur und ihres Phosphor- und Schwefelgehalts zu erleiden haben.

Wenn man das Mehl der Getreidesamen oder besser die ganzen, in Wasser erweichten und zerquetschten Samen, in ein Tuch gebunden, so lange unter Wasser durchknetet, als dieses noch Stärkmehl durchspühlt und deshalb milchig abläuft, so bleibt endlich ein klebriger, fadenziehender, dehnbarer Rückstand, von blaßgelblichgrauer Farbe, der **Kleber** (Gluten). — Kleber (Gluten).

Es ist dies ein Gemenge von drei verschiedenen Stoffen: Pflanzenfibrin, Pflanzenleim und Mucin.

Pflanzenfibrin.

Das **Pflanzenfibrin** (Taddei's Zymom) $10\,\overset{+}{Pr} + PS$, welches durch Ausziehen des Pflanzenleims aus dem Kleber mittelst siedenden Alkohols erhalten wird und in seiner Zusammensetzung mit dem Thierfibrin übereinstimmt, ist eine weißlich graue, weiche und elastische, aber nicht klebende, in Wasser, Ammoniak, kaltem und kochendem Alkohol nicht, wohl aber in schwachen alkalischen Laugen auflösliche Substanz, welche aus letzterer Lösung durch Neutralisation mit Essigsäure gefällt wird.

Pflanzenleim.

Den **Pflanzenleim** $= 10\,\overset{+}{Pr} + PS$, also isomer mit Fibrin, erhält man durch Auskochen des Klebers mit Alkohol und Fällen der Auflösung durch Verdünnen mit Wasser und Abdampfen, wobei sich am Ende Pflanzenleim niederschlägt, während Mucin gelöst bleibt. Er ist im feuchten Zustande eine weiße, oder gelblichgraue, klebrige, fadenziehende, geschmack- und geruchlose Masse, die allmälig zu einem bräunlichen, spröden Körper eintrocknet. Er ist in Wasser und Äther nicht, wohl aber in Alkohol, zumal erhitztem löslich, bildet mit Säuren in Wasser lösliche Verbindungen, die von einem Überschuß der Säure, Phosphor- und Essigsäure ausgenommen, gefällt werden. Auch durch kohlensaures Ammoniak, Kaliumeisencyanür und Gerbsäure werden sie niedergeschlagen. Verdünnte Lösungen der freien und kohlensauren Alkalien und alkalischen Erden lösen ihn leicht auf. Durch Wasser, welches doppeltkohlensaure Kalkerde gelöst enthält (Brunnenwasser), erhärtet er und ist darin unlöslich. Durch Albumin und Gummi wird er etwas in Wasser löslich, auch durch Kochen von Stärke mit Wasser. Letztere Auflösung erstarrt beim Erkalten gallertartig.

Mucin.

Das **Mucin** erhält man am besten, wenn man den Kleber in Essigsäure anschwellen läßt und das Fibrin und Mucin durch Alkohol fällt, während der Pflanzenleim gelöst bleibt, und beide ersteren durch Wasser trennt. Es bildet eine feste, farblose und durchsichtige Masse, die mit Wasser übergossen zum farblosen Schleim aufweicht, sich in 35 Theilen Wasser löst, in Alkohol, Essigsäure und Alkalien aber kaum löslich ist und durch Erhitzen nicht gerinnt. Die wässerige Auflösung wird durch Gerbsäure und schwefelsaures Eisenoxyd gefällt, nicht aber durch andere Metallsalze. Es besitzt in geringem Grade die Eigenschaft, Stärkmehl in Gummi und Krümelzucker zu verwandeln. Seine Zusammensetzung stimmt wahrscheinlich mit der des Fibrins und Pflanzenleims überein.

Diastase.

Die **Diastase** entsteht beim Keimen der Getreidesamen und scheint ein bis zu einem gewissen Punkte zersetzter Kleber zu sein. Man erhält sie am besten aus Malz, wenn man dasselbe befeuchtet, mit gleich viel Wasser zerreibt und die unklare Flüssigkeit auspreßt. Man coagulirt durch etwas Alkohol das Eiweiß, fällt dann durch mehr Alkohol die Diastase, löst sie in Wasser auf, fällt wieder und wiederholt das einige Mal.

Die Diastase ist eine feste, weiße, nicht in Alkohol, aber in Wasser und schwachem Weingeist lösliche Substanz. Die wässerige Lösung ist

ohne Reaction und besonderen Geschmack, wird nicht durch basisch essigsaures Bleioxyd gefällt, zersetzt sich bald in Auflösung und verliert hier, wie auch im trockenen Zustande, wenn auch etwas später (durch Kochen mit Wasser aber augenblicklich), die Eigenschaft, auf Stärkmehllösung zu wirken. Diese Einwirkung besteht nämlich darin — und 1 Theil Diastase reicht dabei schon auf 2000 Th. Stärkmehl hin — einen Stärkekleister bei einer Temperatur von 65 bis 70° C. vollkommen zu verflüssigen, wobei das Stärkmehl in Stärkegummi und bei längerer Einwirkung der Diastase in Zucker übergeht.[1])

Diese Wirkung erfolgt auch, wiewohl viel langsamer, bei gewöhnlicher Temperatur und sie ist es wahrscheinlich, welche das im Samen angehäufte Stärkmehl in den für die keimende Pflanze tauglichen, assimilationsfähigen Zustand überführt, denn das Malz unterscheidet sich auffallend von der ungekeimten Gerste durch seinen süßen Geschmack. Guérin widerspricht zwar dieser Ansicht, da die Diastase nach allen Versuchen nicht durch die unverletzten Hüllen des Stärkmehls, sondern nur auf Kleister zu wirken vermöge, allein es steht noch sehr in Frage, ob diese Hüllen der Stärkmehlkörner nicht erst durch die Einwirkung der Luft in den undurchdringlichen Zustand übergehen, so daß sie im Innern des Samens noch in einem von der Diastase durchdringbaren Zustande wären.

Das **Emulsin**, oder wie es auch heißt, die Synaptase findet sich in der in den öligen Samen, Mandeln, Wallnüssen, Bucheln 2c. enthaltenen weißen Materie. Man erhält es, wenn man die zerquetschten Samen durch Schütteln mit Äther von Öl befreit, mit Wasser auszieht, mit Alkohol fällt und auswäscht. Es ist ein weißes geruch- und geschmackloses Pulver, in Wasser löslich, in Alkohol und Äther nicht. Die wässerige Lösung gerinnt durch Erhitzen. In seinem sonstigen Verhalten stimmt es ganz mit dem Albumin überein, zeichnet sich aber durch die Eigenschaft aus, in Gegenwart von Wasser, Amygdalin in Bittermandelöl und Blausäure zu zersetzen. Vgl. Amygdalin S. 335.

Emulsin.

Das **Myrosyn** ist eine dem Emulsin ganz analoge Substanz, und findet sich im schwarzen und weißen Senfsamen. Man kann es jedoch für sich nur aus dem weißen erhalten, weil der schwarze Senf zugleich Myronsäure enthält, womit es sich bei der Gegenwart von Wasser (wie das Emulsin mit Amygdalin) zersetzt. Man zieht weißen Senf mit kaltem Wasser aus, dampft bei nicht mehr als 40° C. zur Syrupdicke ab und

Myrosyn.

1) Bouchardat hat durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen, daß nicht blos Diastase die Stärkmehlgallerte in Dextrin und Traubenzucker umwandle, sondern auch Pflanzenleim, Eiweißstoff, gefaultes Fleisch, gefaulter Kleber und vorzüglich frischer, roher Kleber in Pulverform, Eiweiß von gekeimter Gerste dieselbe Wirkung haben; Säuren, fixe Alkalien und Gifte aber dieselbe aufheben. Nach Andern haben auch Speichel und Magensaft die Eigenschaft, Dextrin und Zucker aus Stärkmehl zu bilden. Man hat daher auch im Blute Zucker gefunden. (Vgl. S. 317.)

versetzt mit Alkohol, wodurch das Myrosin gefällt wird. Der Niederschlag wird in Wasser gelöst und bei gelinder Wärme eingetrocknet.

Es ist dem Emulsin sehr ähnlich, bildet mit Wasser eine schleimige durchsichtige Lösung, die durch Erwärmung bis 60° C., durch Alkohol und Säuren leicht coagulirt. Das Senföl präexistirt nicht im schwarzen Senf, sondern ist erst das Produkt der gegenseitigen Zersetzung von Myrosyn und Myronsäure.

Letztere erhält man aus dem schwarzen Senf durch Zersetzung des darin enthaltenen myronsauren Kali durch Weinsäure, oder des Barytsalzes durch Schwefelsäure, sie ist eine geruchlose, bitterschmeckende, nicht krystallisirbare, in Wasser und Weingeist, kaum in Äther lösliche Masse von deutlich saurer Reaction.

Der weiße Senfsame enthält keine Myronsäure, sondern blos Myrosyn, und gibt daher auch bei der Destillation mit Wasser kein ätherisches Öl, während der schwarze Senf beide, Myrosyn und Myronsäure enthält. Wird daher das Myrosyn des schwarzen Senfs durch Wärme oder Alkohol coagulirt, also unwirksam gemacht, so gibt der schwarze Senf, wenn er mit Wasser angerührt wird, keine Spur von Senföl mehr, liefert aber, sobald man ihn dann mit Myrosyn aus weißem Senf mengt, das Senföl in unverminderter Menge. Mit dem Emulsin oder mit Bierhefe erzeugt aber die Myronsäure ebensowenig Senföl, als Myrosyn mit Bierhefe oder Amygdalin Bittermandelöl.

Zersetzung organischer Körper durch atmosphärische Einflüsse.

Je einfacher die Zusammensetzung einer organischen Verbindung, je geringer die Anzahl der darin enthaltenen Atome der Elemente ist, desto beständiger ist dieselbe, desto weniger der Zersetzung unterworfen; aus je mehr Elementen und in je größeren Atomzahlen dieselbe zusammengesetzt ist, um so schwächer ist die Verwandtschaftskraft, welche ihre Bestandtheile zusammenhält, um so mehr ist sie geneigt, sich in ihre Elemente, oder wenigstens in einfachere Verbindungen derselben zu zerlegen. Die Gegenwart von Wasser und der Zutritt von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft sind hinreichend, bei mittlerer Temperatur solche Zersetzungen einzuleiten, welche man mit den Namen Gährung, Fäulniß, Verwesung und Vermoderung bezeichnet.

Eintheilung dieser Zersetzungsprozesse.

Diese Zersetzungen erfolgen entweder 1) unter gleichzeitiger Gegenwart von Luft und Wasser, 2) bei Gegenwart von bloßem Wasser, oder 3) bei Gegenwart von bloßer Luft.

Verwesung.

Erfolgt die Zersetzung organischer Körper unter gleichzeitiger Gegenwart von Luft und Wasser, so heißt sie **Verwesung**. Der Sauerstoff der Luft verbindet sich mit dem Wasserstoff der organischen Substanz zu Wasser, während der Sauerstoff derselben mit einem Theile ihres Kohlenstoffs als Kohlensäure entweicht — und ein kohlenstoffreicher Körper bleibt zurück. Oder die Ausscheidung von Kohlensäure unterbleibt, es wird blos

Wasserstoff durch den Sauerstoff der Luft entzogen, wie bei der Entstehung der Essigsäure aus Weingeist. Wasser ist zwar zur Verwesung nothwendig, nicht aber, um selbst dabei eine Zersetzung zu erleiden, sondern nur, um die Oxydation des Wasserstoffs aus der Luft einzuleiten, es reicht deshalb zur Verwesung schon eine kleine Menge Wasser, eine mäßige Befeuchtung hin, wodurch auch der freie Luftzutritt um so weniger gehemmt wird.

Fäulniß. Ist die Luft abgeschlossen, aber eine ziemlich große Menge Wasser zugegen, so tritt die **Fäulniß** ein, jene Zersetzung organischer Substanzen, an welcher der Sauerstoff der Atmosphäre keinen Antheil nimmt, eine Verbrennung von einem oder mehreren Elementen der Substanz entweder auf Kosten des in der letzteren selbst enthaltenen Sauerstoffs, oder des Sauerstoffs des Wassers, oder auf Kosten beider zugleich.

Gährung. Den ersten Fall, oder die Fäulniß, bei welcher kein Wasser zersetzt wird, hat man **Gährung** genannt; sie findet nur beim Zucker statt; den zweiten, oder die Fäulniß, welche unter Wasserzersetzung erfolgt, bezeichnet man mit dem Namen der **eigentlichen Fäulniß.**

Ein faulender Körper geht in Verwesung über, sobald die Luft hinreichenden Zutritt erhält, mag auch die Wassermenge dieselbe bleiben, indem der freie Sauerstoff der Luft leichter aufgenommen wird, als der chemisch gebundene des Wassers. Ein verwesender Körper geht daher nicht eher in Fäulniß über, als bis die Luft abgeschlossen ist.

Vermoderung. Bei Gegenwart von wenig Luft und Abwesenheit von Wasser tritt Fäulniß und Verwesung zugleich ein. Man hat diesen Zersetzungsprozeß die **Vermoderung** genannt. Die Holzfaser vermodert in der Tiefe des Bodens zu Braun- und Steinkohle, während sie an der Oberfläche der Erde, bei ungehindertem Zutritt von Luft und Gegenwart von Wasser verwest zu Humus und unter Wasser verfault zu Torf.

Diese Begriffsbestimmungen waren früher weniger genau geschieden. Man nahm sehr häufig Verwesung und Fäulniß für gleichbedeutend, was auch jetzt nicht selten noch geschieht und um so schwieriger zu vermeiden ist, als die Grenze zwischen beiden in der Wirklichkeit nicht so genau gezogen ist, als in der Theorie.

Alles, was Wasser- oder Sauerstoff bindet, oder mit dem organischen Körper eine beständige Verbindung bildet, ebenso eine hohe oder sehr niedrige Temperatur verhindern diese Zersetzungen.

Fäulnißwidrige Mittel. Fäulniß- oder gährungswidrig rc. wirken daher Auspressen, Austrocknen, Alkohol, Kochsalz, größere Mengen von Zucker und Essig durch Entziehung von Wasser; Fett, schwefelhaltige flüchtige Öle, schweflige Säure und größere Mengen von Kohlensäure theils durch Luftabschluß, theils durch größere Verwandtschaft zum Sauerstoff und Wasser; Alkalien, Metallsalze, Gerbstoff durch Erzeugung von beständigeren Verbindungen mit den organischen Substanzen; Eiskälte und Siedhitze durch Festwerden, oder Verflüchtigung des Wassers.

Ob auch die Fette u. Harze verwesen? Fette, Harze und ätherische Öle sind so wenig, als alle übrigen organischen Substanzen, absolut unverwesbare Substanzen. Sie scheinen es

nur zu sein, und werden in der Regel dafür angesehen, weil sie wegen geringer Adhäsion zum Wasser, dasselbe nicht aus der Luft anziehen und wenn sie selbst damit benetzt werden, es an ihrer Oberfläche früher wieder verdunsten lassen, als es einen bemerkbaren Zersetzungsprozeß einleiten kann. Aber wo sollten die enormen Mengen Harz und Wachs hinkommen, welches das verwesende Laub jährlich dem Waldboden zuführt. Der Boden müßte in einer gewissen Tiefe fast nur aus Harz und Wachs bestehen.

Wir können diese Zersetzung selbst täglich mit unseren Blicken verfolgen. Die Fette verwandeln sich allmälig in Fettsäuren (werden ranzig) und in harzähnliche Stoffe, auch die ätherischen Öle verharzen. Die Harze erleiden gleichfalls wieder Veränderungen. Es ist bekannt, daß der Copal um so leichter in Weingeist löslich wird, je länger er im gepulverten Zustande der Luft ausgesetzt wird, ebenso Schellack [1]), um so schneller, wenn ser bisweilen befeuchtet wird [2]). Wie schnell erblindet nicht der Glanz jener Lackfirnisse, welche der Witterung oder häufiger Berührung mit Waser ausgesetzt sind, das Wasser benetzt sie immer leichter, durchdringt sie, sie schwellen davon an, lösen sich endlich ganz darin auf und lassen nichts als das damit gemengt gewesene Farbmaterial zurück. Das Harz und Wachs der Blätter und anderen Pflanzentheile ist beim Verwesen der letzteren äußerst fein zertheilt, es findet außerdem hinlänglich Luft und Feuchtigkeit in den oberen Bodenschichten statt, um gleichfalls, wenn auch etwas später als diese, der Verwesung zu unterliegen.

Man darf nur reinen Talg, weißes Wachs, irgend ein Harz von heller Farbe in möglichst fein zertheiltem Zustande (gepulvert oder geschabt, oder indem man damit getränkten Quarzsand mit nassem Quarzsand mengt) unter stetem Befeuchten der Luft aussetzen. Schon nach einem Vierteljahre zeigen sich deutliche Veränderungen, sie färben sich sämmtlich bräunlich und besonders der Talg wird später ganz schwarz und sehr weich. Ich zweifle nicht, daß in wenigen Jahren eine vollständige Zersetzung eintritt. Man braucht nur ein wenige Monate altes Stück Talg entzwei zu schneiden, so zeigt es schon eine dicke gelbe Rinde nach Außen. Diese Körper unterliegen der Verwesung langsam, aber sie entgehen ihr nicht.

Zersetzung stickstofffreier Substanzen an der Luft,

Am einfachsten ist der Hergang bei der Zersetzung stickstofffreier Körper beim Zutritt der Luft, der Sauerstoff der Luft verbindet sich mit dem Wasserstoff des organischen Körpers zu Wasser, während der Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlensäure entweichen. Es ist ein einfacher Oxydationsprozeß.

von stickstoffhaltigen Substanzen.

Stickstoffhaltige Substanzen sind, wenn sie weder zu viel noch zu wenig Stickstoff enthalten, weit mehr zur Zersetzung geneigt, als die stickstofffreien, weil hier die Verwandtschaft mehrerer Elemente zu gleicher Zeit wirkt und die Stickstoffverbindungen überhaupt, auch selbst die anorganischen sich durch leichte Zersetzbarkeit auszeichnen. Der Wasserstoff des Wassers,

---

1) Leuchs' polytechn. Zeitung. 1845.

2) Artus' allgem. pharm. Zeitschrift. 1846. Heft. IV.

welches von diesen Körpern zersetzt wird, verbindet sich zum Theil mit dem Stickstoff des organischen Körpers zu Ammoniak, während der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff und einem Theil Wasserstoff Kohlensäure und organische Säuren, wie Milchsäure bildet. Kohlensäure und Wasserstoffgas und wenn der organische Körper etwas Phosphor und Schwefel enthielt, auch kleine Mengen von Phosphor- und Schwefelwasserstoffgas entweichen. Durch eine weitere Oxydation des Ammoniaks an der Luft vermag sich auch salpetersaures Ammoniak zu erzeugen.

Zersetzung unter Wasser.

Unter Wasser zersetzen sich stickstofffreie Substanzen in Kohlensäure und Grubengas (CH_2) unter Zurücklassung sauer- und wasserstoffarmer oder kohlenstoffreicher Körper (Huminsäure und Humin). Stickstoffhaltige liefern dieselben Produkte nebst Ammoniaksalzen.

Gährung.

Die stickstoffhaltigen Körper gehen nicht nur äußerst leicht in Fäulniß und Verwesung über, sondern rufen dabei selbst in stickstofffreien Körpern eine Zersetzung hervor, wenn sie damit in Berührung kommen, mögen letztere sonst der Zersetzung noch so hartnäckig widerstehen. Körper, welche an und für sich bei gewöhnlicher Temperatur der Zersetzung kaum merklich unterliegen, wie der Zucker, sondern erst durch Berührung mit stickstoffhaltigen Körpern, welche in Zersetzung begriffen sind, diese nehmen auch bei der so eingeleiteten Zersetzung weder Sauerstoff, noch Wasser auf, sondern die Elemente derselben gruppiren sich nur zu stabileren Verbindungen. Der Zucker verwandelt sich dabei in Alkohol und Kohlensäure. Dieser Prozeß heißt **Weingährung**, weil darauf die Erzeugung des Weines beruht, zum Unterschiede von der Essigbildung, die man früher auch für einen der Weingährung analogen Prozeß hielt und Essiggährung nannte, während dieselbe als eine Oxydation zu den Verwesungsprozessen gehört.

Weingährung.

1 Atom Krümelzucker	=	$C_{12}H_{24}O_{12}$
gibt 2 Atome Alkohol	=	$C_8H_{24}O_4$
und 4 Atome Kohlensäure	=	$C_4\ \ O_8$
		$C_{12}H_{24}O_{12}$

Man hat gefunden, daß die Summe der Gewichte des Alkohols und der Kohlensäure, welche bei der Gährung des Rohrzuckers entstehen, mehr betragen, als das Gewicht des zersetzten Zuckers. Dieser Mehrbetrag ergibt sich als Wasserstoff und Sauerstoff, in dem Verhältnisse, wie sie Wasser bilden, im Alkohol. Der Rohrzucker nimmt also 1 Atom Wasser auf, d. h. er verwandelt sich in Krümelzucker, bevor er in Gährung übergeht. Dasselbe ist beim Milchzucker der Fall.

1 Atom Rohrzucker	=	$C_{12}H_{22}O_{11}$
1 Atom Wasser	=	H_2O
gibt 1 Atom Krümelzucker	=	$C_{12}H_{24}O_{12}$

Bedingnisse der Weingährung.

Die Weingährung tritt ein, wenn der Zucker in einer hinreichenden Menge Wasser (mehr als die 4fache vom Gewichte des Zuckers) bei einer Temperatur von 0° bis 30° C. mit dem stickstoffhaltigen Körper zusammenkommt.

Ferment.

Der stickstoffhaltige Körper, welcher die Gährung einleitet, heißt **Ferment** oder **Gährungserreger**. Er verhält sich nicht rein activ zum Zucker, sondern seine Zersetzung wird auch durch den Zucker modificirt. Es findet hier nicht die Entwickelung jener übelriechenden Gase statt, welche die Fäulniß stickstoffhaltiger Körper an der Luft begleitet. Letztere kann sogar, wenn sie an der Luft schon begonnen und nur noch nicht zu weit vorgeschritten ist, durch Zuckerzusatz sogleich unterbrochen werden. Der stickstoffhaltige Körper entwickelt in der Zuckerlösung blos Kohlensäure, welche entweicht und Ammoniak, welches in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Am besten eignen sich als Fermente Pflanzeneiweiß, welches auch den natürlich vorkommenden Zucker immer begleitet, Fibrin- und Pflanzenleim, welche neben dem Stärkmehl vorkommen, das nach vorheriger Umwandlung in Krümelzucker durch die sich bildende Diastase ebenfalls der Weingährung unterliegen kann. Weniger geeignet sind Thierleim, Käsestoff und andere stickstoffhaltige Substanzen.

Nach der Zersetzung, welche das Ferment bei der Gährung erleidet, hat es seinen Stickstoffgehalt verloren und ist nicht mehr fähig, von Neuem Gährung zu erregen. Für eine gewisse Menge Zucker ist auch eine bestimmte Menge Ferment nöthig, doch ist diese sehr klein, nach Thenard reicht hierzu 1½ Gewichtsprocent (im trockenen Zustande berechnet) hin.

Hefe.

Der Überschuß von Pflanzenleim und Pflanzeneiweiß, welchen eine gährende Flüssigkeit mehr enthält, als zur Zerstörung des Zuckers nöthig ist, erleidet zwar gleichfalls eine Veränderung durch die Einwirkung der Luft, vermöge der es unauflöslich wird, und fällt mit dem durch die Gährung zerstörten Ferment zu Boden, aber es hat seinen Stickstoffgehalt nicht verloren und kann als Ferment für eine andere Zuckerlösung verwendet werden. Man bezeichnet das Gemenge dieser beiden Körper mit dem Namen **Hefe**.

Wie die Wirkung der Hefe zu erklären sei.

Die Hefe besteht nach mikroskopischen Untersuchungen aus kleinen Kügelchen, welche einer kryptogamischen Vegetation angehören. Man hat daher geglaubt, daß die Alkoholbildung in der Einwirkung dieses Pflanzenlebens auf den Zucker beruhe, um so mehr, als die Wirkung der Hefe durch ähnliche Bedingungen wie das Pflanzenleben vernichtet wird, wie Auskochen mit Wasser, Berührung mit starkem Alkohol, Quecksilbersalzen, Arsenik, Holzessig, ätherischen Ölen, schwefliger Säure u. dgl. Lüdersdorf hat sogar gefunden, daß durch bloße mechanische Zertrümmerung der Hefekügelchen mittelst Zerreiben die Wirkung der Hefe vollkommen zerstört werde. Allein es scheint dies blos darauf zu beruhen, daß eine gewisse Lockerheit und Porosität, welche durch Zerreiben verloren geht, bei der Wirkung der Hefe unerläßliche Bedingung ist.

Brendecke hat die Beobachtung gemacht, daß auch Körper, über deren leblose Natur kein Zweifel ist, wie weinsaures und citronensaures Ammoniak, Zuckerauflösungen in Gährung versetzen können, aber nur unter der Bedingung, daß man ihnen poröse Körper, wie Kohlenpulver, Schwefelblumen, wohl mit Lösungsmitteln erschöpftes Stroh, Papier ꝛc. zusetzt. Ihre Wirkung scheint auf der Fähigkeit zu beruhen, Sauerstoff aus der

Luft zu absorbiren. Daß gasabsorbirende Körper diese Eigenschaft auch noch besitzen, wenn sie in Flüssigkeiten untergetaucht sind, welche Absorptionsvermögen für diese Gase besitzen, hat Jacobi am Platin nachgewiesen. Vgl. S. 151.

Für eine rein mechanische Wirkung der Hefekügelchen scheint noch mehr der Umstand zu sprechen, daß eine Hefe, welche durch Auswaschen von allen auflöslichen Theilen befreit ist, ebensowenig Gährung einleiten kann, als diese auflöslichen Theile für sich. Letztere müßten aber dies wohl im Stande sein, wenn sie dafür mit einem anderen porösen Körper, z. B. Kohlenstaub zusammengebracht würden, insofern sich Rousseau's Angabe bestätigt, wonach ein Ferment nur dann die Gährung einleitet, wenn es sauer reagirt und zwar durch eine organische Säure, welche durch Zersetzung Kohlensäure bildet. Es scheint demnach eine freie Pflanzensäure dasselbe zu leisten, wie die von Brendecke angewendeten pflanzensauren Ammoniaksalze.

Nach Liebig erregt das Ferment die Weingährung nur durch die Störung des Beharrungsvermögens, welches allein die organischen Körper nach dem Aufhören des Lebens in ihrer Verbindung erhält. Es bedarf nur eines schwachen Anstoßes von Außen und die Elemente gruppiren sich zu einfacheren Verbindungen, welche den gewöhnlichen Verwandtschaftsgesetzen besser entsprechen, als die im lebenden Organismus erzeugten Verbindungen.

Das Ferment theilt die Bewegung, in welche es bei seiner Zersetzung gerathen ist, den Elementen des Zuckers mit und diese ordnen sich zu Alkohol und Kohlensäure. Nach Schleiden ist diese Annahme einer Mittheilung der Bewegung mechanisch falsch aufgefaßt. Die Größe der Bewegung wird gemessen durch das Produkt der Masse in die Geschwindigkeit. Nun reicht schon 1½ Theil Hefe zur Zersetzung von 100 Theilen Zucker hin und bei einer ähnlichen Zersetzung, bei der Zuckerbildung aus Stärkmehl 1 Theil Diastase selbst auf 1000 Theile Stärke. Das Diastaseatom müßte demzufolge eine 1000 Mal so große Geschwindigkeit annehmen, als zur Zersetzung eines gleichen Gewichts Stärke nothwendig wäre. Der Einwurf Liebig's gegen die Erklärung dieses Prozesses durch Contaktverwandtschaft, daß es nämlich ohne Beispiel sei, daß ein ruhender Körper einen anderen in Bewegung setze, ist gleichfalls physikalisch falsch; Gravitation, Magnetismus, elektrische Anziehung sind lauter Beispiele der Bewegung eines Körpers durch einen ruhenden [1]).

Fuselöl und Weinaroma.

Wenn die Oxydation des Ferments durch den Sauerstoff der Luft einmal begonnen hat, dann fährt sie unter sonst günstigen Umständen fort, wenn auch der Luftzutritt abgesperrt wird, das Ferment erhält seinen Sauerstoff aus dem Wasser und darin aufgelösten Substanzen, oder mit anderen Worten: das Ferment ist ein in Fäulniß begriffener Körper, welcher seine Fähigkeit, die Gährung zu erregen, durch eine theilweise Verwesung

---

1) Schleiden's Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Aufl. 1845. I. S. 282.

erlangt hat. Es können durch Fäulniß die stärksten Verbindungen zersetzt werden. Man weiß, daß selbst schwefelsaure Salze in Wasser desoxydirt werden, welches faulende organische Substanzen enthält, es entstehen Schwefelverbindungen und aus diesen dann durch Wasserzersetzung Schwefelwasserstoffgas. Um so leichter vermag das Ferment dem Zucker Sauerstoff zu entziehen. Es entstehen dadurch sauerstoffarme oder wasserstoffreiche Verbindungen, flüchtige Öle von auffallendem Geruche, auf deren Manchfaltigkeit die Verschiedenheit der einzelnen Branntweinsorten beruht. Man hat sie **Fuselöle** genannt. Sie verhalten sich wie Säuren, das im Wein enthaltene Fuselöl heißt daher **Önanthsäure** (Weinblumensäure). Sie können unter Mitwirkung stärkerer Säuren, z. B. der Weinsäure des Weins mit Alkohol Äther bilden (s. Äther). Ein solcher ist der **Önanthsäureäther**, der allen jenen Weinen, welche freie Säure enthalten, ihr eigenthümliches Aroma ertheilt, während er den säurefreien Südweinen fehlt. Ätherische Öle, welche, wie oben angegeben, die Gährung verhindern, hemmen noch leichter die Bildung der Fuselöle. Die geringe Quantität des im Hopfen enthaltenen ätherischen Öls hindert zwar nicht die Gährung der Bierwürze, aber das Bier enthält kein Fuselöl.

Wenn bei der Gährung zu wenig Ferment vorhanden war, so bleibt ein entsprechender Theil des Zuckers unverändert, wie dies bei den süßen Weinen des Südens der Fall ist. Ist dagegen nach völliger Zersetzung des Zuckers noch Ferment übrig, das sich verändern kann, so geht der gebildete Alkohol leicht in Essigsäure über.

Nach vollendeter Gährung trennt man die ausgehellte Flüssigkeit vom Bodensatze (Hefe) und verbraucht entweder die so gewonnene alkoholhaltige Flüssigkeit mit allen darin enthaltenen Nebenbestandtheilen für sich, wie beim Wein und Bier, oder man trennt letztere sowohl, als auch möglichst das Wasser, als einen weniger flüchtigen Körper vom Alkohol durch Destillation und erhält so, je mehr Wasser abgeschieden wird, Branntwein, Weingeist oder Alkohol.

Schleimgährung.

Bei einer Temperatur von 30—40° C. verwandelt sich der Zucker, namentlich unter Mitwirkung größerer Mengen stickstoffhaltiger Körper (Proteïnsubstanzen), wie dies im Safte der Runkelrüben, gelben Rüben, Zwiebeln, in Abkochungen von Hülsenfrüchten, verschiedenen Wurzeln, Kräutergemüsen u. dgl. der Fall ist, statt in Alkohol, wovon sich kaum Spuren finden, zum Theil in einen dicken Schleim von der Zusammensetzung des Gummi, weshalb man diese Zersetzung **Schleimgährung** genannt hat, zum Theil in Mannit und Milchsäure. Der Prozeß ist noch nicht genügend erklärt.

Buttersäuregährung.

Hat die stickstoffhaltige Substanz z. B. Caseïn, Kleber, Muskelfaser schon eine theilweise Zersetzung erlitten, so verwandelt sie bei einer Temperatur von 10—40° C., namentlich bei Gegenwart einer unlöslichen Basis, wie kohlensaurer Kalk (welcher eine Unterbrechung der Gährung durch Anhäufung von Säure hindert, ohne selbst die Gährung zu hemmen), den Zucker

oder das Stärkmehl unter vorausgehender Zuckerbildung, mit Abscheidung von Wasser und Entwickelung von Kohlensäure und zugleich von Wasserstoff, in Buttersäure:

		C	H	O	
1 Atom Buttersäure	=	8	12	3	
1 Atom Wasser	=		2	1	
4 Atome Kohlensäure	=	4		8	
10 Atome Wasserstoff	=		10		=
1 Atom Krümelzucker	=	12	24	12	

Der Mannit ist bereits (S. 317) bei den Zuckerarten berücksichtigt worden, es bliebe hier nur die kurze Betrachtung der Milch- und Buttersäure übrig.

Milchsäure.

Die **Milchsäure** $\bar{L}$ (Acidum lacticum) $C_6H_{10}O_5$, welche schon fertig gebildet in vielen Flüssigkeiten des thierischen Körpers, besonders im Urin vorkommt und beim Sauerwerden der Milch, wo man sie zuerst beobachtete (daher der Name), bei der Fäulniß vieler Thierstoffe und beim Sauerwerden verschiedener Pflanzensäfte, wie eben angegeben wurde, entsteht und durch Fällung von milchsaurem Baryt mit Schwefelsäure für sich erhalten wird, bildet als Hydrat eine syrupähnliche, farblose, mit Alkohol und Äther mischbare Flüssigkeit von stark saurem Geschmack. Sie löst phosphorsaure Kalkerde leicht auf und bringt Eiweiß zum Gerinnen, was beides die Essigsäure nicht thut, und bildet in Wasser lösliche, meist krystallisirbare Salze (**Lactate**).

Buttersäure.

Die **Buttersäure** $\bar{Bu}$ (Acidum butyricum) $C_8H_{12}O_3$, welche man auf die oben angegebene Weise aus Zucker und Stärkmehl durch Gährung mittelst faulender stickstoffhaltiger Körper erhält, wußte man früher blos durch Verseifung der Butter neben anderen Fettsäuren zu erhalten, woher auch ihr Name. Sie wurde später auch in einer Pflanzensubstanz, in den trockenen reifen Schoten der Ceratonia Siliqua (Johannisbrod) gefunden, ist aber wahrscheinlich auch hier nur ein Zersetzungsprodukt. Man erhält sie durch Destillation des buttersauren Kalks mit Schwefelsäure. Sie ist eine wasserklare, ölartige Flüssigkeit von beißend saurem Geschmack und einem Geruch nach ranziger Butter; auf der Zunge verursacht sie einen weißen Fleck, sie wird bei — 9° C. noch nicht fest, hinterläßt auf Papier einen wieder verschwindenden Fettfleck, verdunstet leicht, kocht aber erst über 100° C. und löst sich vollkommen in Wasser, Alkohol und Äther in allen Verhältnissen. Ihre Salze, die **Butyrate** sind fast alle in Wasser löslich, die alkalischen schwer krystallisirbar, die erdigen aber leicht. Der Äther dieser Säure wird zur Darstellung von künstlichem Rum benutzt.

Verwesung.

Die **Verwesung** beschließt den Übergang der organischen Körper in den anorganischen Zustand. Sie wird durch Luft und Feuchtigkeit eingeleitet, durch Gegenwart von Alkalien und faulenden Körpern gefördert und durch fäulnißwidrige Mittel, besonders Säuren, Quecksilbersalze und flüchtige Öle gehemmt. Am wichtigsten ist die Verwesung des Alkohols, oder

die Essigsäurebildung und die Verwesung der Holzfaser, oder die Humusbildung.

Essigsäurebildung.

Wenn der Alkohol mit einer hinreichenden Wassermenge und zugleich mit atmosphärischer Luft und einem Körper, welcher Sauerstoff aus der Luft absorbirt und wieder an den Alkohol abzugeben vermag, bei einer Temperatur von + 30 bis 40° C. in Berührung kommt, so verwandelt er sich unter Sauerstoffaufnahme in Essigsäure. Als Essigbildungsfermente dienen verschiedene in Zersetzung begriffene oder essigsäurehaltige Körper, wie Essigmutter (ein gelatinöser, in verdünnter Essigsäure entstehender Schimmelpilz (Mycoderma aceti), Sauerteig, saures Schwarzbrod u. dgl., auch fertige Essigsäure, insofern diese durch fortgesetzte Einwirkung der atmosphärischen Luft einer weiteren Zersetzung entgegengeht, oder Körper, welche blos durch ihre Porosität wirken, wie fein zertheiltes metallisches Platin (Platinschwarz). Auch Holzspäne, so wie die genannten essigsäurehaltigen Körper leiten, wenigstens zum Theil, durch ihre Porosität und die dadurch vermittelte Sauerstoffabsorption, die Essigbildung ein.

Der Sauerstoff verbindet sich mit einem Antheile Wasserstoff des Alkohols zu Wasser, es entsteht Aldehyd, welches rasch noch mehr Sauerstoff aufnimmt und in Essigsäure übergeht.

Gibt 1 Atom Alkohol	=	C_4	H_{10}	O	
4 At. Wasserstoff an 2 At. Sauerstoff der Luft	=	—	H_4	$+ O_2$	
so bleibt 1 At. Aldehyd und 2 At. Wasser . .	=	C_4	H_6	O	$2\dot{H}$
dazu kommen 2 At. Sauerstoff	=	+		O_2	
es entsteht 1 At. Essigsäure	=	C_4	H_6	O_3	$2\dot{H}$

Essig.

Der Essig unterscheidet sich von der Essigsäure, daß er aus verdünnter Essigsäure besteht, welche die nicht zersetzten Bestandtheile des Fruchtsaftes, verschiedene Pflanzensäuren und deren Salze, Extraktivstoff rc. enthält. Branntweinessig ist demnach nichts als verdünnte Essigsäure.

Man bereitet den Essig aus Wein, Branntwein, Bier und Obst, wonach man ächten und künstlichen Weinessig oder Branntweinessig, Bier- und Obstessig unterscheidet. Man kann dabei auf zweierlei Weise verfahren.

Älteres Verfahren bei der Essigbereitung.

Nach dem älteren Verfahren werden die Essigmaterialien mit heißem Essig vermischt, so daß sie eine Temperatur von etwa + 30° C. annehmen, und in kleinere Fässer mit offenem Spund und seitlichem Zugloche, oder auch in weite Steintöpfe in einer bis zu + 25 bis 30° C. geheizten Essigstube. Hat der Essig nach 6 bis 12 oder mehr Wochen die gehörige Stärke erlangt, so zapft man einen Theil davon ab, ersetzt ihn durch neues Material und so fort und läßt den fertigen Essig dann auf größeren Lagerfässern sich aushellen.

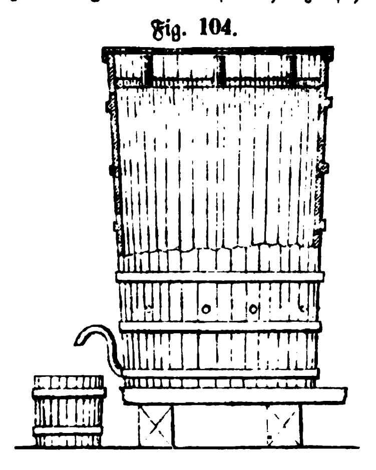
Obst oder Beeren werden zuvor zerquetscht, ausgepreßt, mit Bierhefe der Weingährung überlassen und dann der Wein auf Essig verarbeitet. Andere Fermente als reinen Essig anzuwenden, wie Essigmutter, Sauer-

teig x. ist nicht rathsam, weil diese sehr leicht eine weitere Zersetzung des gebildeten Essigs herbeiführen.

Schnellessig-fabrikation.

Das neuere Verfahren hat den Namen der **Schnellessigfabrikation** erhalten wegen der kurzen Dauer dieser Operation im Vergleich zur vorigen. Man füllt hierzu sehr große aufrecht stehende Fässer (Fig. 104), welche in einiger Entfernung vom unteren Boden einen zweiten durchlöcherten Boden haben, mit gut ausgewaschenen Spänen von grünem Buchenholz. Oben ist ein zweiter durchlöcherter Boden dicht in das Faß eingelegt, die Löcher desselben sind aber durch mit einem Knoten versehene Bindfadenstückchen verstopft. Mehrere unter dem unteren durchlöcherten Boden in die Faßwände gebohrte weite Löcher führen die Luft zwischen den Spänen durch nach dem oberen Löcherboden, in welchen mehrere weite Glasröhren eingesetzt sind, um den Luftzug zu befördern. Eine Sförmig gebogene Röhre ist dicht am Boden des Fasses angebracht, um die zwischen demselben und dem unteren Löcherboden angesammelte Flüssigkeit nicht eher abzuleiten, als bis sich dieser Raum ganz gefüllt hat.

Fig. 104.



Man läßt zuerst fertigen Essig durch das Faß laufen und dann erst das **Essiggut** (den in Essig zu verwandelnden Obstwein, oder mit etwa 6 Theilen Wasser verdünnten Branntwein). Die alkoholhaltige Flüssigkeit läuft nun langsam über die Hobelspäne hinab und kommt dabei durch den stattfindenden Luftzug in sehr vielseitige Berührung mit dem Sauerstoff der Luft, so daß sie gewöhnlich durch dreimaliges Durchlaufen in Essig verwandelt ist, weshalb man in der Regel auch 3 solche Fässer aufstellt[1]).

Obst- oder Fruchtessig.

Auf dieselbe Weise verfährt man bei der Darstellung des Essigs aus Obstwein und anderen Fruchtsäften (Obst- oder Fruchtessig), läßt aber dieselben zuvor etwas ablagern und bringt sie nach dem Aushellen auf die Essigfässer.

Für die Bildung der Humus- oder Dammerde insbesondere ist von der größten Wichtigkeit die Verwesung der Holzfaser.

So lange sich die Holzfaser in trockener Luft oder unter Wasser unverändert erhält, so leicht unterliegt sie der Zersetzung bei gleichzeitiger Einwirkung von Wasser und Luft. Sauerstoff wird aufgenommen, ein Theil

---

1) Eine genauere Beschreibung dieser Methode gibt Otto's Lehrbuch der rationellen Praxis der landwirthschaftlichen Gewerbe. 2. Aufl. Braunschweig, Vieweg. 1840. S. 284—306 u. Höfflmayr's Anleitung zu einem verbesserten Verfahren bei der Schnellessigbereitung. Würzburg, Stahel. 1842. 7½ Ngr. oder 24 Xr. rhn. Eine Abänderung desselben von Göbel mit Abbildung s. im Archiv d. Pharm. 26. S. 61—65; pharm. Centralbl. 1841. S. 749—750.

Wasserstoff in Wasser verwandelt und Kohlenstoff und Sauerstoff der Holzfaser als Kohlensäure abgeschieden. Auch hier sind es stickstoffhaltige Körper, welche den Zersetzungsprozeß einleiten und befördern, nämlich Pflanzeneiweiß und Pflanzenleim. Je reicher ein Pflanzentheil daran ist, um so leichter zersetzt er sich. Die Blätter verwesen daher weit schneller als das Holz. Die Holzfaser geht bei dieser Zersetzung allmälig in eine braune oder schwarze Substanz, den sogenannten **Humus** (Huminsäure und Humin) über.

Humus.

Holzfaser . . . . = $C_{36}H_{44}O_{22}$
verschiedene Arten von Humus = $C_{35}H_{40}O_{20}$
$C_{34}H_{36}O_{18}$
$C_{30}H_{18}O_{9}$ = 3/4 At. Huminsäure.

Es verbinden sich also bei der Humusbildung immer 4 Atome Wasserstoff mit 2 Atomen Sauerstoff aus der Luft, während 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atome Sauerstoff der Holzfaser als Kohlensäure entweichen. Im letztern Falle haben sich auch noch die Elemente des Wassers aus dem Faserstoff abgeschieden.

Der organische Gemengtheil des Bodens, die sogenannte Acker- oder Dammerde besteht aus Holzfaser in allen Stadien der Zersetzung, Humin und Huminsäure und außerdem noch Ulmin und Ulminsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure (s. S. 369). Bisweilen enthält er auch nicht unbedeutende Mengen von Wachs und Harz.

An sumpfigen Stellen entsteht der sogenannte saure Humus, welcher keine huminsauren Salze, sondern viel Huminsäure mit Humin, Phosphor-, Essig- und Äpfelsäure nebst Kieselsäure enthält.

Dem sauren Humus ähnlich sind auch der Schlamm und Torf zusammengesetzt, welche aus Thier- und Pflanzenkörpern unter dem Wasser entstehen.

Schlamm.

Der **Schlamm** besteht theils aus losen und schwimmenden Pflanzentheilen, theils aus Thierkörpern, weshalb seine Asche Infusorienpanzer enthält. Von dem darüberstehenden Wasser sind quell-, quellsatz- und huminsaure Salze wie aus dem Torf ausgezogen. Auf die Haut gebracht erzeugt er einen schwachen Hautausschlag, dessen Ursache unbekannt ist. Er wird daher zu Schlammbädern benutzt. Der Schlamm der Flüsse, welcher sich bei Überschwemmungen ablagert, besteht übrigens bei Weitem dem geringsten Theile nach aus organischen, sondern meist aus feinen Thon- und anderen mineralischen Theilen, welche das Wasser bei seinem Lauf in niedere Gegenden eine Strecke mit sich fortreißt und allmälig ablagert. Vgl. im speciellen Theil unter Lehmsumpfboden.

Torf.

Der **Torf** entsteht aus langsam unter Wasser faulenden Pflanzen und besteht entweder aus einer gleichförmigen erdigen Masse (**Baggertorf**), oder aus einer von vielen Fasern und Wurzeln durchwebten (**Stichtorf**). Der Stichtorf wird mittelst Spaten in viereckige Stücke gestochen, die an der Luft getrocknet werden. Den Baggertorf zieht man mit Netzen aus dem Wasser, läßt ihn auf einer Fläche ausgebreitet etwas abtrocknen, tritt

ihn sodann fest und sticht ihn mit Spaten in viereckige Stücke, die wie der Stichtorf getrocknet werden, oder man streicht ihn, wie den Thon in der Ziegelei, in Formen, entwässert die erhaltenen Stücke durch Pressen und trocknet sie dann. Auch der Stichtorf wird bisweilen gepreßt, weil der gepreßte Torf eine dichtere Kohle erzeugt.

Der Torf verglimmt beim Anzünden wie Zunder unter Entwickelung eines unangenehmen ammoniakalischen Geruchs, reagirt gewöhnlich sauer und enthält eine eigenthümliche Modification von Huminsäure in Verbindung mit Phosphor- und Essigsäure. Außer dieser Torfsubstanz enthält der Torf noch 3 in Alkohol lösliche Harze, wovon ein wachsartiges beim Erkalten der alkoholischen Lösung sich aussondert, eines mit Bleioxyd verbindbar ist und ein in Alkohol unlösliches, in Steinöl lösliches Harz, ferner oft bis 30% anorganische Bestandtheile: Kieselsäure, Thon, phosphorsaure und kohlensaure Kalkerde, Eisenoxyd und schwefelsaures Eisenoxydul.

Vermoderung.

Der Zersetzung stickstofffreier organischer Körper in Gegenwart von Wasser und beschränktem Luftzutritt, oder der **Vermoderung** unterliegt am gewöhnlichsten die Holzfaser. Sie wird dabei allmälig weiß und zerreiblich, wie man dies häufig im Innern alter Baumstämme sieht. Das vermoderte Eichenholz hat man aus $C_{33}H_{54}O_{24}$ bestehend gefunden. Vergleicht man die Formel mit der des frischen Eichenholzes $C_{36}H_{44}O_{22}$, so enthält ersteres 3 Atome Kohlenstoff weniger, und 10 Wasserstoff und 2 Sauerstoff mehr, als das frische Holz. Bei der Vermoderung sind also die Elemente von 5 At. Wasser und 3 At. Sauerstoff aus der Luft aufgenommen worden, wogegen 3 At. Kohlensäure entwichen.

Entstehung der Braun- und Steinkohlen.

Die Braun- und Steinkohlen sind Reste vorweltlicher Bäume, die einem ähnlichen, zum Theil noch fortdauernden Vermoderungsprozesse, aber bei vollständig abgeschlossener Luft durch die Bedeckung mit hohen Gebirgsmassen unterlagen.

Braunkohlen.

Die Braunkohlen, welche von stickstofffreien Gewächsen abstammen, besitzen eine hell oder dunkler braune Farbe, entweder vollständige Holzstructur, oder eine erdige Beschaffenheit, in ersterem Falle von muscheligem, schwach glänzendem, in letzterem von unebenem und mattem Bruch; in jenem Falle liefern sie wenig, in diesem aber eine bedeutende Menge einer aus Thon, Kieselsäure, Eisenoxyd, Gyps ꝛc. bestehenden Asche. Die Zusammensetzung der holzigen Braunkohle wurde von $C_{33}H_{42}O_{16}$, die der erdigen von $C_{32}H_{30}O_9$ gefunden. Zieht man diese Formeln von der des Holzes $C_{36}H_{44}O_{22}$ ab, so findet man, daß das Holz bei dem Übergange in holzige Braunkohle 3 Atome Kohlensäure und 2 At. Wasserstoff, in erdige dagegen 4 At. Kohlensäure, 5 At. Wasser und 4 At. Wasserstoff abgegeben hat. Die Fortdauer dieses Prozesses ergibt sich bei vielen Braunkohlenlagern aus der Bildung von Säuerlingen (kohlensäurereichen Quellen) in der Nähe derselben[1]), aus dem Vorkommen stickender Wetter (Kohlen-

1) Über die Ableitung dieser Kohlensäurebildung aus vulkanischen Prozessen vgl. Bischof in Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 31. Bd. 1844. S. 321—343.

säure) in den Gruben und aus dem Umstande, daß mehr mit der Luft in Berührung getretene Lager weniger Wasserstoff enthalten. Alle Braunkohlen enthalten indeß mehr Wasserstoff, als zur Verwandlung des darin enthaltenen Sauerstoffs in Wasser erforderlich wäre, gewöhnlich in dem Gewichtsverhältnisse wie 1 : 5, selten nur wie 1 : 3. Die trockene Destillation liefert aus den Braunkohlen eine der des Holzes ähnliche Kohle, Leuchtgas liefern sie aber weit mehr als das Holz, doch weniger als die Steinkohle. Die erdigen Varietäten der Braunkohle dienen als braunes Farbmaterial, sogenannte **kölnische Umbra.**

Mit den aus Nadelhölzern entstandenen Braunkohlen kommt zuweilen Bernstein vor, nebst anderen fossilen Harzen, wie Retinit, auch Bergtalg etc.

Steinkohlen. Die **Steinkohlen**, welche vorzüglich von baumartigen Farrnkräutern abstammen, unterscheiden sich nicht blos durch ihre schwarze Farbe, größere Dichtigkeit und lebhafteren Glanz, sondern auch durch den Mangel der Holzstructur und ihre chemische Zusammensetzung von den Braunkohlen. Sie sind weit älteren Ursprungs.

Absoluter Alkohol und Äther ziehen aus der Steinkohle 3 bis 5 % schwarzbraunes Harz unter Zurücklassung einer unlöslichen, unschmelzbaren, stickstoffhaltigen, schwarzen Substanz. Beim Erhitzen schmelzen die harzreicheren Steinkohlen unvollkommen, blähen sich auf und lassen eine schwammige Masse (**Coaks**) zurück. Sie bilden ein werthvolles Brennmaterial. Nach Abzug des alle kryptogamischen Gewächse charakterisirenden Stickstoffs läßt sich die Zusammensetzung der organischen Substanz der Steinkohlen ausdrücken durch die Formel $C_{24}H_{26}O$. Zieht man dieselbe von der der Holzfaser: $C_{36}H_{44}O_{22}$ ab, so bleiben 9 Atome Kohlensäure, 3 At. Grubengas (CH_4) und 3 At. Wasser übrig. Die die Steinkohlen begleitenden Gase enthalten auch wirklich Kohlensäure, Grubengas, etwas Leuchtgas (CH) und Stickgas, was auf die Fortdauer dieses Zersetzungsprozesses hindeutet. Da jedoch unter der hohen Bedeckung, unter welcher die Steinkohlen entstehen, die Entwickelung und dadurch auch die Entstehung gasartiger Produkte bedeutenden Widerstand findet, so erzeugen sich hier vorzugsweise tropfbar flüssige und feste Verbindungen von Kohlen- und Wasserstoff, oder von diesen mit wenig Sauerstoff, wie Steinöl und Harz.

Alkohol.

Alkohol. Der **Alkohol** $C_4H_{12}O_2$ kommt nie natürlich vor, sondern ist stets das Produkt der Weingährung aus zuckerhaltigen Flüssigkeiten.

Darstellung. Durch vorsichtige Destillation des wässerigen Weingeists, **Branntwein**, bei sehr guter Abkühlung kann man das Wasser höchstens bis auf einen Alkoholgehalt von etwa 92½ % mit dem specifischen Gewichte von 0,825 erhalten, aber keinen völlig wasserfreien. Durch Aufbewahrung desselben in einer Ochsenblase an einem mäßig warmen Orte, wo die thierische Membran fast nur das Wasser anzieht, das dann an ihrer Oberfläche verdunstet und den Alkohol zurückläßt, wird er auch nur (mit nicht unbedeutendem Verlust an Alkohol) bis auf 97 % entwässert. Die völlige

Entziehung des Wassers, oder die Verwandlung desselben in absoluten Alkohol gelingt nur durch Körper, welche das Wasser chemisch binden, am wohlfeilsten geschieht dies durch gebrannten Kalk, aber nicht ohne theilweise Zersetzung des Alkohols; besser, aber kostspieliger durch geschmolzenes Chlorcalcium. Die letzten Antheile Wasser entzieht man ihm dann noch (nach Casoria), wenn man ihn mit etwa $^1/_{1000}$ wasserfreiem Kupfervitriol schüttelt und dies so oft wiederholt, als die weiße Farbe des Vitriols nach einiger Zeit blau wird, d. h. derselbe wieder sein Krystallwasser aus dem Alkohol aufnimmt. Dann erst ist der Alkohol als chemisch rein (völlig wasserfrei) zu betrachten.

Eigenschaften. Der Alkohol ist eine sehr dünnflüssige, farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruche, brennendem Geschmack und 0,794 specifischem Gewicht bei + 15° C., er erstarrt bei keiner Temperatur und kocht bei + 78° C. Entzündet verbrennt er mit schwach leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Innerlich genommen wirkt er tödtlich, im verdünnten Zustande berauschend. Er zieht Wasser aus der Luft an, ohne sich zu verändern, und erwärmt sich beim Vermischen mit Wasser. Wenn der Alkohol so viel Wasser enthält, daß er einen Gehalt an wasserfreiem Alkohol von 54 Volumprocenten enthält, so heißt er **Branntwein** und hat ein specifisches Gewicht von 0,925; bei 64 bis 70% und 0,904 bis 0,889 specifischem Gewicht heißt er **rectificirter Weingeist**, bei 90% Alkohol und 0,833 **höchst rectificirter Weingeist**, oder auch **Alkohol** und der wasserfreie heißt **absoluter Alkohol**. Über die Unterscheidung des Weingeists von Holzgeist vgl. den Artikel Holzgeist.

Anwendung. In der Chemie dient der Alkohol als eine indifferente Flüssigkeit als allgemeines Auflösungsmittel, theils für Substanzen, welche nur in ihm auflöslich sind, wie die Harze, theils für solche, die auch im Wasser auflöslich sind, um sie von anderen, die blos in Wasser löslich sind, zu trennen, wie viele Chloride. Sein Gebrauch in der Technik, namentlich im verdünnten Zustande als Auflösungsmittel für Harze, in der Parfüm- und Likörfabrikation, in der Medicin und zum Getränke ist bekannt.

Auch zur Beleuchtung kann er angewendet werden, wenn man ihm einen kohlenstoffreicheren Körper, z. B. Terpentinöl, oder nebst diesem auch Ölsäure zusetzt, nach Rousseau am besten in dem Verhältnisse von 10 Theilen Terpentinöl und 3 Theilen Ölsäure auf 5 Theile Alkohol von 85 oder 87° Volumprocenten. Bei niedriger Temperatur muß das Gemenge etwas erwärmt werden. Statt Terpentinöl können auch andere Kohlenwasserstoffe, wie Steinkohlen- oder Kautschuköl, verwendet werden. Durch den Sauerstoff der Ölsäure und den Wasserstoff des Alkohols wird das Terpentinöl so vollständig entkohlt, daß es ohne alles Rußen mit weißem Lichte verbrennt.

Zersetzungsprodukte der Holzfaser.

Humus. Ein Hauptprodukt der Fäulniß und Verwesung der Holzfaser bildet der **Humus**, die Baumerde oder Dammerde[1]), ein Gemenge aus

1) Letzteren Namen erhielt sie, weil sie sich allmälig durch die Zersetzung organischer Körper anhäuft oder andämmt.

mehreren verschiedenen Stoffen, den sogenannten Modersubstanzen, wie Humin, Ulmin, Geïn etc., welcher einen wesentlichen Gemengtheil der Bodenkrume ausmacht. Er stellt eine braune, wenig in Wasser, mehr in Alkalien lösliche, pulverige Masse dar. Man bezeichnet übrigens mit dem Namen Humus außer diesem Produkte der Fäulniß auch andere durch Einwirkung der Säuren auf Zucker, Stärke oder Milchzucker und der Alkalien auf Holzfaser, Torf, Braunkohlen, Ofenruß entstehende Substanzen, deren Identität aber durchaus nicht erwiesen ist.

Humussäure, Humin.

Humussäure heißt die in Alkalien lösliche, **Humin** oder **Humuskohle** oder **Moder** (ein Hauptbestandtheil des Torfs und der Braunkohle), die unlösliche Modification des Humus. Derselbe Unterschied besteht zwischen Ulmin und Ulminsäure, Geïn und Geïnsäure.

Die Verschiedenheit der unter dem Namen Humus oder Humussäure vorkommenden Substanzen ergibt sich aus ihrer verschiedenen Zusammensetzung. Die aus Sägespänen mit Kalihydrat erhaltene Humussäure enthält nach Peligot 72 Proc. Kohlenstoff, die aus Torf und Braunkohle nach Sprengel 58, die aus Zucker mit verdünnter Schwefelsäure nach Malaguti 57, die aus demselben Körper und aus Stärke mit Salzsäure gewonnene nach Stein 64 Proc. Kohlenstoff. Nach Malaguti enthält die Humussäure Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, wie im Wasser, nach Sprengel's Analyse enthält sie weniger Wasserstoff, nach Peligot sogar 28 Atome Wasserstoff auf 6 Sauerstoff. In der Dammerde aus Weidenholz und Torf fanden Mulder und Hermann eine Humussäure, welche außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Stickstoff enthielt.

Vorkommen der Humussäure.

Humussäure oder Huminsäure $\bar{H}$ (Acidum humicum) $C_{40}H_{21}O_{12}$ bildet einen Bestandtheil der Dammerde, des Torfs, des Rußes von Torf und Holz, findet sich in alten Baumstämmen, in im lehmigen Boden vermoderten Baumwurzeln und entsteht durch Einwirkung von Luft auf Ulminsäure und Ulmin und durch längeres Kochen von Rohrzucker mit verdünnten Säuren.

Darstellung.

Man erhält sie aus der Weidenerde, wenn man dieselbe mit einer Auflösung von kohlensaurem Kali behandelt, filtrirt, mit Salzsäure fällt, erst mit warmem und dann mit kaltem Wasser aussüßt. Sie enthält so immer noch etwas Kieselsäure und 1 Spur Eisenoxyd, welche beim Auflösen in Ammoniak zurückbleiben. Aus Rohrzucker erhält man sie, wenn man denselben in 3 Theilen Wasser löst und mit 0,1 concentrirter Schwefelsäure kocht, das verdunstende Wasser ersetzt, den Schaum abnimmt und mit Ammoniak behandelt, welches die lösliche Humussäure auflöst und die unlösliche Säure zurückläßt. Bei Luftzutritt entsteht gleichzeitig Ameisensäure.

Eigenschaften.

Die aus der Weidenerde erhaltene enthält 92,3 bis 95% Wasser, schrumpft daher beim Eintrocknen sehr zusammen; getrocknet erscheint sie schwarz, von muscheligem Bruche, glasglänzend, auch als dunkelbraunes Pulver, oder in krystallinischen Schüppchen. Sie ist geruch- und geschmacklos, röthet in feuchtem Zustande Lackmuspapier, brennt beim Anzünden

Anfangs mit Flamme und glimmt dann wie Zunder. Sie löst sich nach dem Trocknen in Wasser nicht auf, aber im feuchten Zustande in 6500 Theilen Wasser von 0°, in 2500 von 20° und in 160 siedendem mit gelblichbrauner Farbe, ebenso auch in Weingeist, nicht aber in Äther. Durch längeres Kochen mit Wasser verliert sie die Löslichkeit in demselben. Getrocknete Humussäure zieht sehr unbedeutend Wasser an. Durchs Gefrieren ausgeschieden, löst sie sich in Wasser nur sehr schwierig wieder auf.

Pflanzensäuren, Kohlensäure, Hydronthian- und Phosphorsäure fällen die in Wasser gelöste Humussäure nicht, wohl aber die übrigen Mineralsäuren, in Verbindung mit etwas von der fällenden Säure.

Sie neutralisirt Alkalien, treibt Kohlensäure, namentlich in der Hitze aus und bildet mit Basen theils neutrale, theils basische, theils lösliche, theils nicht oder schwer lösliche Salze (**Humate**). Kalk, Baryt, Thonerdesalze und Salze von anderen metallischen Basen schlagen die aufgelöste Thonerde nieder.

Humussaure Salze.

Das **humussaure Kali** entsteht im Boden, wenn er kohlensaures oder kieselsaures Kali enthält, löst sich in ½ Th. Wasser, enthält 79% Humussäure, widersteht lange der Zersetzung, wird aber von Erd- und Metallsalzen zerlegt, daher man es selten in Ackererden findet. Übrigens fördert es die Vegetation bedeutend.

Das **humussaure Natron** löst sich in ¼ Wasser auf und enthält 84% Humussäure. Sonst verhält es sich wie das Kalisalz.

Das **humussaure Ammoniak** erzeugt sich vorzüglich aus dem bei der Zersetzung organischer Substanzen entwickelten Wasserstoff, welcher sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft verbindet, und gehört zu den vorzüglichsten Düngstoffen.

Die **humussaure Kalkerde** kommt am häufigsten unter allen humussauren Salzen im Boden vor, weil der Kalk viele andere Salze zersetzt. Er entsteht am schnellsten beim Düngen mit ätzendem Kalk. Das neutrale Salz löst sich in 2000 Wasser bei 20°, wird aber von Thonerde, Eisen- und Manganoxydul langsam zersetzt; es enthält 86,9% Humussäure und wird an der Luft allmälig in kohlensauren Kalk zersetzt.

Die **humussaure Magnesia** entsteht, da Magnesia größere Verwandtschaft zu Humus besitzt, früher als das Kalkhumat, löst sich feucht in 160 Wasser von 20°, in 120 kochendem, sehr leicht in freiem und kohlensaurem Ammoniak.

Die **humussaure Thonerde** findet sich bisweilen im Raseneisenstein und in der Bergseife. In der Ackererde entsteht sie fortwährend aus Humussäure und Thonerdehydrat; sie enthält 91,8% Humussäure, zersetzt sich bei Weitem langsamer als Kalk- und Magnesiasalz, löst sich in 4200 Wasser auf, leicht aber in freiem und kohlensaurem Kali und Ammoniak.

Das **humussaure Eisenoxydul** bildet sich im Boden, bleibt aber nur in den unteren Schichten unverändert, an der Luft verwandelt es sich in basisch humussaures Eisenoxyd, ist schwierig in Wasser, leichter in kohlen-

saurem Ammoniak löslich, und findet sich im Wasser, welches von sumpfigem Boden abfließt.

Das **humussaure Eisenoxyd** ist ein sehr schwierig, weder durch Säuren, noch durch Alkalien zerlegbares Salz. Das neutrale enthält 88,2% Humussäure, löst sich in 2300 Wasser bei 20°, das basische ist in kohlensaurem Ammoniak, nicht in Wasser löslich; es widersteht der Zersetzung am kräftigsten unter allen humussauren Salzen.

Das **humussaure Manganoxydul** ist von gleicher Beständigkeit wie das vorige, löst sich in 1450 Wasser von 20°, leicht in freiem und kohlensaurem Ammoniak, enthält 81,8% Humussäure im neutralen Zustand. Es wird weder durch Kali, Natron, noch Kalk zersetzt oder gelöst. Man findet es in den fruchtbarsten Bodenarten.

Die Humussäure löst auch schwefelsaure und phosphorsaure Thonerde auf.

Ulminsäure. Vorkommen. Die **Ulminsäure** (Ulmin) Ūl (Acidum ulmicum) $C_{40}H_{28}O_{12}$ bildet einen Bestandtheil der Acker- oder Dammerde, des Torfs, der Braunkohle, des vermoderten Holzes, einer krankhaften Aussonderung alter Bäume (Ulmen, daher der Name).

Sie entsteht bei der freiwilligen Zersetzung mancher organischen Substanzen unter abgeschlossenem oder beschränktem Luftzutritte, ferner bei der Behandlung organischer Körper, namentlich des Zuckers und der Holzfaser mit warmer verdünnter Schwefelsäure, oft auch durch Hitze.

Darstellung. Um sie darzustellen, erwärmt man längere Zeit eine Auflösung von Rohrzucker in verdünnter Schwefel- oder Salzsäure bei einer 100° C. nicht erreichenden Temperatur. Es scheidet sich dabei auch ohne Luftzutritt die Ulminsäure und Ulmin in braunen Flocken aus. Man filtrirt die Flocken ab, wäscht sie aus und trocknet bei + 165° C., um die hartnäckig anhängende Ameisensäure vollständig zu entfernen, und trennt dann durch Ätzkalilösung die Ulminsäure von dem darin unlöslichen Ulmin $C_{40}H_{32}O_{14} = C_{40}H_{28}O_{12} + 2\dot{H}$ (bei + 140° C.), welches durch längere Behandlung mit Ätzkali allmälig in Ulminsäure verwandelt werden kann.

Eigenschaften. Die Ulminsäure bildet im trockenen Zustande eine braune, nicht krystallinische Masse, im feuchten eine braune Gallerte, die sich in Alkohol fast gar nicht, in Wasser wenig, nicht aber in verdünnten Säuren und Salzlösungen auflöst. Sie löst sich in Alkalien mit braunrother Farbe, indem sie dieselben neutralisirt (**Ulmate**), auch in kohlensauren, indem sie dabei doppeltkohlensaures Alkali bildet. Aus diesen Auflösungen wird sie durch Säuren gefällt; aus der ammoniakalischen Lösung dagegen schlägt sie sich als Ammoniaksalz nieder, dem weder durch Säuren, noch durch Alkalien das Ammoniak vollständig entzogen wird.

Quellsäure. Vorkommen. **Die Quellsäure** $C_{24}H_{24}O_{16}$ (Mulder), Acidum crenicum, hat ihren Namen daher erhalten, weil man sie zuerst in manchen Quellwässern aufgefunden hatte. Sie entsteht, wie die Humin- und Ulminsäure, gleichfalls aus der Pflanzenfaser oder anderen Pflanzenstoffen, wie Stärke, Gummi,

Zucker, wie es scheint, durch Sauerstoffaufnahme und Wasserausscheidung, aber nur in den unteren Schichten des Bodens und verschwindet, sobald die faulenden Stoffe der Luft ausgesetzt werden.

Darstellung. Man erhält sie am leichtesten aus dem ockerigen Absatz eisenhaltiger Quellen oder Sumpferz und Raseneisenstein, die man so lange mit Ätzkali kocht, bis der Absatz flockig geworden und die Flüssigkeit leicht filtrirt werden kann. Man übersättigt schwach mit Essigsäure und setzt dann so lange essigsaures Kupferoxyd zu, als noch ein brauner Niederschlag entsteht. Ist letzterer weiß, so muß mehr Essigsäure zugesetzt werden. Man filtrirt, übersättigt etwas mit kohlensaurem Ammoniak, setzt dann wieder so lange essigsaures Kupferoxyd zu, als noch ein weißgrünlicher Niederschlag entsteht, welcher ausgewaschen, durch Schwefelwasserstoff zersetzt, filtrirt, unter der Luftpumpe abgedampft und mit absolutem Alkohol ausgezogen wird. Die Lösung wird wieder ebenso abgedampft, in Wasser gelöst, mit neutralem essigsauren Bleioxyd gefällt, filtrirt, die Flüssigkeit mit basisch-essigsaurem Bleioxyd gefällt, mit Schwefelwasserstoff zersetzt und die Flüssigkeit wieder unter der Luftpumpe abgedampft. Dieses umständliche Verfahren ist nöthig, um die Quellsäure von anderen ähnlichen Substanzen und fremden Salzen zu befreien.

Eigenschaften. Die trockene Quellsäure bildet eine gelbe, durchsichtige, nicht krystallinische, aber viele Sprünge zeigende Masse, ohne Geruch, von Anfangs stechendem, saurem, dann abstringirendem Geschmack, röthet Lackmus, wird durch Hitze zerstört und in jedem Verhältniß von Wasser und Weingeist gelöst.

Die quellsauren Alkalien (alkalischen **Crenate**) sind extraktähnlich, in Wasser leicht, in absolutem Alkohol nicht löslich. Die Salze der alkalischen Erden sind weniger löslich. Das quellsaure Eisenoxydul ist ein lösliches blaßgelbes, das Eisenoxyd ein unlösliches hell graurothes Salz. Auch mit Kieselsäure verbindet sie sich.

Die Quellsäure und ihre alkalischen Salze werden an der Luft sehr schnell braun unter Entstehung einer neuen Säure, der

Quellsatzsäure. Vorkommen und Darstellung. **Quellsatzsäure** $C_{48}H_{12}O_{24}$ (Mulder), Acidum apocrenicum. Man erhält sie durch Ausziehung des Ockers mit Kali, Ansäuern der Flüssigkeit und Fällung durch essigsaures Kupferoxyd. Der Niederschlag wird nur einigemal mit Wasser ausgewaschen, weil die Kupferverbindung in dem nun nicht mehr salzhaltigen Wasser auflöslich ist. Man zersetzt dieselbe durch Schwefelwasserstoff, verdunstet unter der Luftpumpe, zieht mit absolutem Alkohol aus und dunstet ab.

Das quellsatzsaure Ammoniak entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf Humussäure, wessen Ursprungs sie auch sei.

Eigenschaften. Die Quellsatzsäure bildet eine schwarzbraune, gesprungene, in Wasser ziemlich leicht lösliche Masse, welche ein dunkelrothes Pulver liefert, ihre braune Auflösung röthet Lackmus stark, sie schmeckt nicht sauer, sondern zusammenziehend. Die Lösung wird von Säuren, außer Essigsäure, und von Salmiak größtentheils gefällt. Sie wird von Salpetersäure von

1,25 specifischem Gewicht, besonders in der Wärme leicht gelöst, dabei höher oxydirt und in Quellsäure verwandelt. Sie ist (wenigstens die künstlich dargestellte) eine fünfbasige Säure, kann sich also mit 5 At. Wasser oder mit ebensoviel einer Basis verbinden.

Nach den Versuchen von Berzelius bildet sich auch sowohl quellsatzsaures, als quellsaures Ammoniak durch Einwirkung der Salpetersäure auf Kohle. Es wird nämlich dabei ein Theil der Kohle von der Säure gelöst, während ein anderer als ein rußähnliches Pulver zurückbleibt. Die dunkelbraune Lösung verwandelt sich beim Eintrocknen im Wasserbade in Gerbsäure. Vor dem Abdampfen mit Ammoniak übersättigt, läßt sich aus der Flüssigkeit eine Säure darstellen, welche fast alle Reactionen der Quellsäure zeigt. Die Gerbsäure $C_{18}H_{10}O_9$ enthält 6 At. Kohlenstoff und die Elemente von 7 Atomen Wasser weniger, als die Quellsäure $C_{24}H_{24}O_{16}$. Die künstliche Gerbsäure, durch mehrmaliges Auflösen und Abdunsten von anhängender Salpetersäure befreit, hinterließ beim Sättigen mit Ammoniak und Eintrocknen eine braune, rissige Masse, welche sich wie ein Gemenge von quellsaurem und quellsatzsaurem Ammoniak verhielt. 1 At. Quellsäure $C_{24}H_{24}O_{16}$ + 1 At. Quellsatzsäure $C_{48}H_{12}O_{24}$ = 4 At. Gerbsäure $C_{72}H_{40}O_{36}$ — 4 At. Wasserstoff + 6 At. Sauerstoff, wonach also hierbei die Gerbsäure 4 Atome Sauerstoff und die Elemente von 2 At. Wasser aufnehmen müßte.

Ihre Salze (**Apocrenate**) gleichen den quellsauren, nur sind sie alle schwarzbraun und die schwerlöslichen derselben noch weniger löslich, als die der Quellsäure. Aber sie wird, wie diese, von der Essigsäure aus ihren Verbindungen abgeschieden. Eine besondere Verwandtschaft hat sie zur Thonerde, aus deren Verbindung sie sich nicht wieder ausscheiden läßt, weil die Thonerde überall mitfolgt und Säuren die Verbindung nicht anders lösen, als bei einer Temperatur, wobei sie durch ihre Einwirkung die Zusammensetzung der Quellsatzsäure umzuändern scheinen. Durch die Eigenschaft, fünfbasig zu sein, vermag sie unlösliche Apocrenate, z. B. von Eisenoxyd, in Wasser löslich zu machen, indem sie sich mit löslichen Apocrenaten zu löslichen Doppelsalzen verbindet, und hat daher für die Vegetation einen weit höheren Werth, als die humusartigen Salze. Es gibt z. B. Apocrenate von folgender Zusammensetzung:

$$C_{48}H_{24}O_{24} + 5\,\overline{NH}_3$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + 4\,\overline{NH}_3 + \dot{K}$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + 3\,\overline{NH}_3 + \dot{K}, \dot{C}a$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + 2\,\overline{NH}_3 + \dot{K}, \dot{C}a, \dot{M}g$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + \overline{NH}_3 + \dot{K}, \dot{C}a, \dot{M}g, \dot{F}e.$$

Anderweitige Bestandtheile der Dammerde.

Auch das **Geïn** und die **Geïnsäure** $C_{40}H_{24}O_{14}$ = Huminsäure $C_{40}H_{24}O_{12}$ + 2 At. Sauerstoff, die **Torfsäure**, welcher nach Hermann der Torf seine saure Reaction verdankt und die übrigens auch in der Dammerde enthalten ist, aber nur aus einem Material darstellbar ist, welches, wie die Ackererde aus dem russischen Gouvernement Nischnei-

Nowgorod, weder Holzhumussäure, noch **Ackersäure** (eine aus Tula'scher Ackererde ausziehbare braune Materie) enthält, und noch einige andere noch nicht genauer untersuchte oder noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesene Substanzen bilden, außer den bereits angeführten, die Bestandtheile der Dammerde.

Zersetzung organischer Körper durch Einwirkung der Wärme.

Alle organischen Körper erleiden, wenn sie einer erhöhten Temperatur ausgesetzt werden, eine Zersetzung in neue Verbindungen, welche je nach der Natur der angewendeten Körper und je nachdem Wasser oder Luft zugegen sind, auch bei einem und demselben Körper sehr verschieden sein können. Man kann daher 1) solche Veränderungen unterscheiden, welche durch das Kochen verschiedener Substanzen mit Wasser herbeigeführt werden; 2) solche, welche durch gelindes Erhitzen bei Abwesenheit von Wasser, aber ungehindertem Luftzutritt, oder durch die **Röstung** entstehen und 3) solche, die sich durch stärkere Erhitzung bei Abwesenheit von Wasser und unter Abschluß der Luft, bei der **trockenen Destillation**, erzeugen.

Unter gleichzeitiger Mitwirkung von Wasser und Luft.

Unter gleichzeitiger Einwirkung von Wasser und Luft erhält man z. B. den Tischlerleim, welcher durch Kochen der verschiedenartigsten Thierstoffe, insbesondere Haut, Sehnen, Knochen, Knorpel u. dgl. mit Wasser entsteht.

Das Rösten.

Die Veränderungen, welche trockene, organische Körper durch vorsichtiges Erwärmen bis zum Schmelzpunkte, oder durch das **Rösten** erleiden, bestehen im Allgemeinen darin, daß sie unter Annahme einer braunen Farbe und Entwickelung eines nicht übelriechenden Dampfes, vermöge Bildung eines brenzlichen (Brand- oder empyreumatischen) Öls[1]) in eine Substanz von brandig bitterlichem Geschmack und größerer Löslichkeit in den gewöhnlichen Lösungsmitteln übergehen. Die Ursache des bitteren Geschmacks ist die Entstehung eines eigenthümlichen indifferenten Körpers, von Reichenbach **Assamar**, **Röstbitter**, genannt[2]). Auf solche Weise erhält man durch Rösten des Stärkmehls in eisernen Cylindern Stärkegummi oder Dextrin.

Trockene Destillation.

Wenn organische Körper in trockenem Zustande einer erhöhten Temperatur ausgesetzt — der trockenen Destillation unterworfen werden, liefern sie, auch wenn sie für sich nicht flüchtig waren, theils flüchtige, theils feuerbeständige Zersetzungsprodukte. Erstere sind flüssige und luftartige Substanzen, letztere aber nur feste, nämlich Kohle. Denselben Zersetzungen unterliegen auch flüchtige organische Körper, wenn man sie als Dampf unter Luftabschluß durch eine glühende Röhre leitet.

---

1) Dieses zeigt sich (auch wenn der Kaffee nicht mit Butter geröstet wurde) zuweilen auf Kaffeeaufgüssen als fette Öltropfen.

2) Vgl. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 49. 1844.

Die Produkte der trockenen Destillation zeigen eine noch größere Verschiedenheit untereinander, als die eben angegebenen Zersetzungsprodukte, nicht blos nach der Natur des Körpers, der ihr unterworfen wurde, sondern auch nach den verschiedenen Hitzegraden, welchen sie ausgesetzt wurden. Selbst die bei niederer Temperatur entstandenen Produkte gehen bei gesteigerter Hitze zum Theil auch wieder in andere Stoffe über. Man bewirkt diese Zersetzungsprozesse bei chemischen Versuchen (im Kleinen) gewöhnlich in einer mit einer Vorlage versehenen eisernen Retorte, im Großen in eisernen Röhren, Kästen, Destillirblasen, oder in eigens dazu eingerichteten Öfen.

So verschiedenartig auch die entstehenden Produkte sind, so lassen sich doch die bei der trockenen Destillation stattfindenden Erscheinungen im Allgemeinen in 3 Perioden theilen.

Erste Periode der trockenen Destillation.

In der ersten Periode, bei Einwirkung der geringsten Hitzegrade, erscheint zuerst Wasser, Anfangs farblos, später gelb gefärbt und, wenn der organische Körper stickstofffrei war, Essigsäure; wenn er nur wenig Stickstoff enthielt, essigsaures Ammoniak, und wenn sehr viel, keine Essigsäure, sondern kohlensaures Ammoniak.

Zweite Periode.

In der zweiten Periode, bei gesteigerter Temperatur erscheint Rauch in der Vorlage, es entweicht Kohlensäure und die übergehende Flüssigkeit erscheint dunkler gefärbt. Auf ihrer Oberfläche scheiben sich ölartige Tropfen von Anfangs gelblicher, später immer dunkler braun werdender Farbe ab. Nach einiger Zeit läßt die Entwickelung der Kohlensäure nach, Kohlenoxydgas, Leuchtgas und Grubengas treten dafür auf.

Dritte Periode.

In der letzten Periode der Zersetzung, bei den stärksten Hitzegraden geht keine Flüssigkeit mehr über, aber ein zähes, schwarzbraunes Pech. Die Entwickelung des Leucht- und Grubengases verliert sich, Kohlenoxyd-, Wasserstoff- und Stickstoffgas erscheinen dafür.

Trockene Destillation des Holzes.

Am genauesten studirt und zugleich für die Forstwirthschaft am wichtigsten sind die Produkte der trockenen Destillation des Holzes. Man erhält bei derselben eine aus zwei Schichten bestehende Flüssigkeit, wovon die untere **rohe Holzsäure** ist, welche man auch durch trockene Destillation von Braunkohle, Sumpferde u. dgl. erhält und welche aus Wasser, Essigsäure, aufgelöstem Brandöl, Brandharz, Brandextrakt und anderen Stoffen besteht. Die obere Schichte, eine braune, zähe, dickflüssige Masse, bildet den **Theer**, welcher aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt ist, von denen insbesondere das **Kreosot** von Wichtigkeit ist.

Holzessig.

Die rohe Holzsäure oder der **Holzessig**, wovon ein Pfund lufttrockenes Holz 12 bis 15 Loth liefert, ist eine verdünnte Essigsäure, welche $^1/_{10}$ bis $^1/_4$ ihres Gewichts kohlensaures Kali zur Sättigung erfordert, von dunkelbraunem, trübem Aussehen, unangenehm brenzlichem Geruch und Geschmack, vermöge des darin aufgelösten Brandöls, von Brandharz, Brandextrakt 2c. Sein Gehalt von etwa $1^1/_2$% Kreosot verleiht ihm die fäulnißwidrige Eigenschaft, welche er besitzt, weshalb er in der Medicin zur Aufbewahrung des Fleisches und als Mittel gegen den Holzschwamm

Anwendung findet. Von seiner Reinigung wird im speciellen Theil bei der Theerschwelerei die Rede sein.

Holzgeist. Darstellung.

Wenn der Holzessig umdestillirt wird, so geht Anfangs eine gelbe Flüssigkeit über, welche leichter ist als Wasser und einen ätherartigen, aber zugleich brenzlichen Geruch hat. Sie besteht aus einem Gemenge mehrerer flüchtigen Flüssigkeiten, vorzüglich aber von Methyloxydhydrat oder Holzgeist mit Xylit und Mesit und heißt **roher Holzgeist.** Man fängt bei der Destillation die 12—15 zuerst übergehenden Procente besonders auf und zieht von diesem Vorlauf wieder 15—18% ab. Zur Entfernung der freien Säure rectificirt man mit Kalk (am besten im Wasserbad). Dabei scheidet sich in der Blase eine große Menge eines dunkelbraunen Harzes ab und es destillirt etwa der dritte Theil des angewendeten rohen Holzgeistes als eine farblose Flüssigkeit von 0,830—0,840 specifischem Gewicht über, **gereinigter Holzgeist**, der zwar noch nicht vollkommen, aber doch hinreichend rein zur technischen Benutzung ist.

Man erhält so allerdings nur 1% gereinigten Holzgeist, allein, wenn schon bei der ersten trockenen Destillation des Holzes bessere Kühlgeräthschaften, als gewöhnlich, angewendet werden, so läßt sich die Ausbeute gewiß verdoppeln.

In englischen Fabriken wird der rohe Holzgeist durch wiederholte Rectification, in Frankreich durch wiederholte Destillation über Kalk im Großen vereinigt. Durch den Kalk wird das essigsaure Methyloxyd, welches im rohen Holzgeist zu ¼ seines Gewichtes enthalten ist, in Methyloxydhydrat und essigsauren Kalk zersetzt. Der englische Holzgeist enthält demnach eine bedeutende Menge von essigsaurem Methyloxyd, welche dem französischen fehlt, während dieser dafür eigentlichen Holzgeist (Methyloxydhydrat) enthält.

Von seinem Gehalte an Ammoniak und Brandöl befreit man den Holzgeist durch Zusatz von Alaun ($\dot{K}\dddot{S} + \dddot{\bar{A}l}\dddot{S}_3$), dessen Schwefelsäure sich mit dem Ammoniak verbindet, während die Thonerde in Verbindung mit dem Brandöl niederfällt, wovon der größere Theil schon zuvor durch Kohle entfernt worden ist.

Eigenschaften.

Der Holzgeist oder Holzalkohol $C_2H_8O_2$ ist ein farbloser, dünnflüssiger Körper von alkoholischem und zugleich ätherischem Geruch, stark brennendem Geschmack und 0,8 specifischem Gewicht. Er brennt entzündet mit blauer Flamme, läßt sich in jedem Verhältnisse mit Wasser, Alkohol und Äther mischen und gleicht auch in anderen Beziehungen dem Alkohol auffallend, läßt sich wie dieser durch concentrirte Säuren in Ätherarten verwandeln, geht aber durch Oxydation nicht in Essigsäure, sondern in Ameisensäure über.

Unterscheidung des Holzgeistes vom Weingeist.

Der Holzgeist unterscheidet sich vom Alkohol vorzüglich durch einen niedrigeren Siedepunkt und durch seine weit größere Verwandtschaft zum Wasser. Holzgeist von 0,879 specifischem Gewicht kocht im Wasserbade bei 62,2° C., solcher von 0,832 specifischem Gewicht bei 60, Alkohol von

0,870 specifischem Gewicht kocht erst bei 77,2° C. Bei einem Gemische von 10% Holzgeist mit Weingeist (beide von 0,870 specifischem Gewicht) fällt der Siedepunkt des Alkohols wenigstens um 3° C. Holzgeist von 0,870 specifischem Gewicht über ungelöschtem, aber gepulvertem Kalk im Wasserbade destillirt, geht mit unverändertem specifischem Gewicht über, während ächter Alkohol sich dadurch so concentrirt, daß er fast wasserfrei ein specifisches Gewicht von nicht einmal 0,800 bei 15° C. zeigt. Enthält daher der Alkohol auch nur 5% Holzgeist, so muß ihn schon seine die des Alkohols weit übersteigende Verwandtschaft zum Wasser verrathen. Endlich gibt auch der Holzgeist mit Schwefelsäure kein dem Äther in irgend einer Hinsicht ähnliches Produkt[1]).

Anwendung des Holzgeistes.

Der Holzgeist löst Harze und flüchtige Öle auf. Man benutzt ihn als Brennspiritus, auch zu Harzfirnissen, namentlich von Schellack und Mastix, statt Alkohol zum Steifen und Wasserdichtmachen der Hüte, er verzehrt sich aber im Brennen rascher und mit geringerer Wärmeentwickelung und verdunstet schneller als der Alkohol. Mit 1/4 rectificirtem Terpentinöl versetzt, brennt er mit hellleuchtender, nicht rußender Flamme. Noch vortheilhafter ist wahrscheinlich ein gleichzeitiger Zusatz von Ölsäure, wie beim Alkohol. Vgl. S. 369[2]). Jedenfalls steht der Holzgeist dem Weingeist als Beleuchtungsmaterial nach, da seine Flamme an und für sich weniger leuchtet und seine Darstellung bis jetzt noch höher kommt, als die des Weingeistes. Es ist daher nur in solchen Ländern möglich, im Holzgeist einen vortheilhaften Ersatz für den Weingeist zu finden, wo, wie z. B. in England, eine sehr bedeutende Steuer auf dem Weingeist lastet; bei uns nur, wenn die Preise des Branntweins sehr hoch stehen. So erzeugt ihn jetzt die Fabrik von Dollfuß und Handel in Chemnitz im Großen durch Destillation von Buchenholz in eisernen Cylindern und soll ihn billig liefern.

Theer.

Der **Theer** ist eine zähe, schwarzbraune, dickflüssige Substanz von eigenthümlichem, durchdringendem Geruch, löslich in Weingeist, Äther und ätherischen Ölen, welche dem Wasser eine gelbliche Farbe und seinen eigenthümlichen Geruch ertheilt. Er besteht aus mehreren mit Essigsäure verbundenen Brandharzen, Fichtenharz, Terpentinöl, verschiedenen Brandölen und mehreren eigenthümlichen Stoffen, wie mehrere ölartige Flüssigkeiten: Kreosot $C_{14}H_{18}O_2$, Eupion C_5H_{12}, Kapnomor und mehrere feste krystallisirbare, wie Paraffin $C_{20}H_{42}$, Chrysen C_3H_2, Cedriret rc.

Man benutzt den Theer zur Darstellung des Pechs durch Abdampfen, zur Wagenschmiere, als Schutzmittel gegen Feuchtigkeit und Luft für Holz,

---

1) Mehr hierüber von Ure in Mechanic's Magazine. 1843. Nr. 1032 und von da im allgem. Wien. polytechn. Journ. 1843. S. 890 und Dingler's polytechn. Journ. 89. S. 293 und Gmelin's Untersuchung des Holzgeistes, Ann. d. Pharm. 25. S. 47—62; pharm. Centralbl. 1838. S. 246—250.

2) Vgl. auch Hecker über Gewinnung und Benutzung des Holzgeistes in Hülße und Stöckhardt's polytechn. Centralbl. 1847. S. 12—14.

Taue, mit Pech zum Kalfatern (Ausfüllen der Lecke mit Werg und Theer) der Schiffe, mit Ziegelmehl zu Brunnenkitt u. dgl.

In Rußland bereitet man einen dünnflüssigen Theer aus Birkenrinde durch absteigende Destillation, indem man zwei, durch ein durchlöchertes Blech getrennte Töpfe, wovon der obere mit Birkenrinde gefüllt, der untere aber leer ist, mit der Mündung aufeinander klebt und den oberen erhitzt, so daß der Theer in den unteren abfließt. Er kommt unter dem russischen Namen **Dagget** (Theer) im Handel vor und wurde früher unter dem Namen **Birkenöl** (Oleum betulinum, oleum moscoviticum, oleum rusci) in Apotheken, jetzt nur noch zur Verfertigung des Juftenleders und das durch Destillation mit Wasser daraus dargestellte Brandöl, das eigentliche Birkenöl $C_{20}H_{32}$ als Zusatz zu nachgemachtem Rum und Arrak gebraucht.

Kreosot. Das **Kreosot** $C_{14}H_{18}O_2$, welches aus dem Buchenholztheer, worin es zu 20—25% vorkommt, durch ein sehr umständliches Verfahren erhalten wird, ist eine farblose, ölartige Flüssigkeit von durchdringendem Rauchgeruch und brennendem, ätzendem Geschmack. Die Zunge wird davon verletzt, die Haut löst sich ab, es ist die Ursache der beißenden Wirkung des Holzrauchs auf die Augen. Es ist von 1,04 specifischem Gewicht, löst sich leicht in Alkohol und Äther, nimmt 10% Wasser auf, löst sich aber erst in 80 Theilen desselben, verdunstet an der Luft langsam, aber ohne Veränderung. Durch oxydirende Körper wird es verharzt, durch Säuren zersetzt. Seine vorzüglichste Eigenschaft aber ist, das Eiweiß augenblicklich zu coaguliren, wodurch es als blutstillendes und fäulnißwidriges (z. B. beim Räuchern des Fleisches) Mittel wirkt.

Produkte der trockenen Destillation der Steinkohlen. Durch die trockene Destillation der Steinkohlen erhält man Leuchtgas, Gruben-, Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas, Wasser, kohlensaures Ammoniak, Theer, Stickstoffgas, aus schwefelkieshaltigen Kohlen auch Schwefelwasserstoff und im Theer drei basische Substanzen: Kyanol, Pyrrhol, Leukol, einen krystallisirbaren indifferenten Körper: Naphthalin $C_{10}H_8$ rc.

Zersetzungsprodukte organischer Körper durch anorganische Säuren.

Die wichtigsten der hierher gehörigen Produkte sind die, welche durch Einwirkung der Schwefelsäure auf Stärkmehl und auf Weingeist entstehen.

Das Stärkmehl wird dadurch zuerst in Stärkegummi und dann in Krümelzucker, der Weingeist in Äthyloxyd oder Äther verwandelt.

Darstellung von Stärkegummi und Stärkezucker. Man trägt das von der Fabrikation noch feuchte Stärkmehl allmälig in eine gleiche Gewichtsmenge kochendes, mit 1½ bis 2% Schwefelsäure versetztes Wasser und erhitzt es damit, um Gummi zu erhalten, bis 90° C., aber nur so lange, bis die Masse dünnflüssig geworden; um dagegen Zucker zu erzeugen, bis eine Probe von Weingeist nicht mehr (durch gefälltes Gummi) getrübt wird. Die Flüssigkeit wird in beiden Fällen abgegossen, mit Kreide neutralisirt, dann vom gebildeten Gyps abfiltrirt und abgedampft bis zur Syrupconsistenz, wo sich noch mehr Gyps absetzt; dann

wird noch so weit abgedampft, bis die Masse beim Erkalten zur körnigen Masse erstarrt. Häufig wird auch der Syrup als solcher verbraucht.

Äther. **Den Äther** oder das Äthyloxyd $C_4H_{10}O$ oder AeO, früher auch Schwefeläther genannt, welcher durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Weingeist entsteht, erhält man durch Destillation von 5 Theilen Weingeist von 90%, welche zuvor vorsichtig mit 9 Theilen concentrirter Schwefelsäure gemischt wurden, in einer Retorte, in welcher oben eine Glasröhre einmündet, durch die fortwährend Weingeist zutröpfeln kann, und setzt die Destillation so lange fort, bis 31 Theile Weingeist durch die Röhre nachgeflossen sind. Das Destillat enthält noch Weingeist, schweflige Säure und Wasser. Von beiden ersteren wird es durch Schütteln mit Wasser und Rectification über Kalkhydrat oder Ätzkali, von letzterem durch Rectification über Chlorcalcium oder gebranntem Kalk befreit.

Bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf den Weingeist, welcher als das Hydrat des Äthers, oder als Äthyloxydhydrat zu betrachten ist, (das Äthyl ist ein hypothetisches Radical: C_4H_{10}), entsteht zuerst doppeltschwefelsaures Äthyloxyd, indem ein Theil der Schwefelsäure dem Weingeist oder Äthyloxydhydrat das Wasser entzieht, ein anderer Theil aber mit dem frei gewordenen Äthyloxyd in Verbindung tritt zu doppeltschwefelsaurem Äthyl oder Schwefelweinsäure. Hat sich die Flüssigkeit so weit concentrirt, daß sie zum Kochen einer Temperatur von 127° C. bedarf, so tritt eine Zersetzung ein, das Äthyloxyd oder der Äther entweicht, verwandelt sich aber auch zum Theil wieder durch Wasseraufnahme in Weingeist. Hat durch fortgesetzte Concentration der Kochpunkt 160° C. erreicht, so wird kein Äther mehr ausgeschieden, denn nun wirken die Bestandtheile des doppeltschwefelsauren Äthyloxyds selbst aufeinander und bilden schweflige Säure, Leuchtgas, Wasser und Kohle.

Der Äther ist eine sehr dünnflüssige, farblose Flüssigkeit von durchdringendem, angenehmem Geruch, brennend süßlichem, nachher kühlendem Geschmack und 0,72 specifischem Gewicht. Er verflüchtigt sich äußerst leicht und kocht schon bei + 35,6° C., bei — 44° erstarrt er. Er entzündet sich leicht, schon aus einiger Entfernung durch seinen Dunst und verbrennt mit helleuchtender, rußender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Er nimmt etwas Wasser auf, braucht aber zur Auflösung 10 Theile. Mit Weingeist und flüchtigen Ölen ist er in jedem Verhältnisse mischbar. Für viele Substanzen, namentlich Harze, Kautschuk ist er ein vorzügliches Lösungsmittel. An der Luft verwandelt er sich unter Sauerstoffaufnahme in Wasser und Essigsäure.

Mit Säuren bildet er theils neutrale Verbindungen, Naphthen, theils saure, Äthersäuren. Er wird in der Medicin, zur Firnißbereitung und in der Chemie sehr häufig als Lösungsmittel benutzt.

Specieller Theil.

Forstchemie.

Die Forstwissenschaft beschäftigt sich mit dem Waldbau, oder der Cultur der Holzgewächse und mit der Forstbenutzung, oder der Art und Weise, die Forstprodukte ihrem Zwecke am vortheilhaftesten zuzuführen.

Die Cultur der Gewächse überhaupt besteht in der künstlichen Beförderung des Vegetationsprozesses. Die wissenschaftliche Erklärung dieses Prozesses ergibt sich nur aus der Annahme gewisser Naturkräfte, deren Untersuchung den Gegenstand der Chemie und Physik bildet. Beide Wissenschaften sind als die Grundlage der Lehre vom Waldbau zu betrachten. Der Gegenstand zerfällt in dieser Beziehung 1) in die Lehre von der chemischen Zusammensetzung der Holzgewächse und ihren physikalischen Eigenschaften, 2) die chemisch-physikalische Betrachtung ihrer Entwickelung, oder der Pflanzenernährung, welche beide zusammen die forstliche Pflanzenchemie bilden, 3) die Lehre von den Nahrungsquellen der Forstgewächse, die forstliche Atmosphärologie und Bodenkunde und 4) die Lehre von den Mitteln, die Entwickelung der Pflanzennahrung künstlich zu befördern, oder die forstliche Düngerlehre.

I. Forstliche Pflanzenchemie.

Chemische Bestandtheile der Pflanzen.

Man unterscheidet nähere und entferntere. Die entferntesten oder Grundstoffe derselben sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, bei einigen auch Schwefel und Phosphor als Hauptbestandtheile nebst mehreren Metallen, wie Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, und nicht metallischen Elementen, wie Silicium, Chlor, so wie den auch schon als Hauptbestandtheilen aufgeführten: Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor als Nebenbestandtheilen.

Der Kohlenstoff ist der Bestandtheil aller Pflanzen und aller ihrer Organe. In dem größten Theile derselben ist er mit Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse verbunden, in welchem beide im Wasser enthalten sind. Hierher gehören Holzfaser, Stärkmehl, Zucker und Gummi. Andere enthalten außer Kohlenstoff und den Elementen des Wassers noch eine gewisse Menge Sauerstoff mehr, als das Wasser enthält, es sind mit wenigen Ausnahmen die organischen Säuren. Eine dritte Abtheilung enthält Kohlenstoff und die Bestandtheile des Wassers nebst noch einer gewissen Menge Wasserstoff. Sie umfaßt die flüchtigen und fetten Öle, das Wachs und die Harze.

Der Stickstoff bildet einen Bestandtheil des Pflanzeneiweißes, des Klebers, mehrerer indifferenter Stoffe und aller organischen Basen. Er fehlt übrigens in keinem Organe ganz, wenigstens nicht im Safte, wenn er auch nur einen kleineren Theil der Pflanzenbestandtheile bildet und daher häufig übersehen wurde.

Die im Samen und Safte der Pflanzen nie fehlenden Stickstoffverbindungen enthalten auch eine gewisse Menge Schwefel, so die Samen der Gräser im Fibrin, die der Hülsengewächse im Legumin oder Caseïn, der Pflanzensaft im Eiweißstoff. Die Cruciferen enthalten außerdem noch schwefelreichere Verbindungen als scharfe flüchtige Öle, wie namentlich Senf, Meerrettig, Löffelkraut, Gartenkresse, auch die Capucinerkresse, der Lauch und die Zwiebeln.

Man kann alle organischen Bestandtheile der Pflanzen in zwei Abtheilungen bringen, in die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheile.

Die stickstofffreien Bestandtheile zerfallen wieder in sauerstoffhaltige, wie Stärkmehl, Zucker, Gummi, Holzfaser und sauerstofffreie, Terpentinöl, Citronenöl, Wachholderöl.

Die stickstoffhaltigen sind entweder schwefel- und sauerstoffhaltige in allen Samen, oder schwefelhaltige, aber sauerstofffreie im Senföl, oder schwefelfreie in den Pflanzenbasen.

Elementare Bestandtheile des Holzes.

Was das quantitative Verhältniß der Grundbestandtheile im Holze betrifft, sind darüber von mehreren Chemikern Versuche angestellt worden. Gay-Lussac und Thénard fanden in 100 Theilen bei + 100° C. getrockneten Holzes.

	Eichenholz.	Buchenholz.	Atome.	Berechnet
Kohlenstoff	52,53	51,45	3	50,480
Wasserstoff	5,69	5,82	4	5,495
Sauerstoff	41,78	42,73	2	44,025

Noch mehr stimmen Prout's Analysen mit den Atomzahlen überein. Er fand im Weidenholze 50, im Buchsbaumholze 49,8 Kohlenstoff, das Übrige war Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnisse wie im Wasser.

Petersen und Schödler fanden nach ihrer in Liebig's Laboratorium angestellten Analyse in 100 Theilen bei + 100° C. getrockneten Holzes folgende Zahlen, denen sie die Sauerstoffmenge beifügten, welche jede Holzart außer der ihr schon eigenen noch von Außen zur völligen Verbrennung aufnehmen muß und welche theoretisch den relativen Brennwerth ausdrückt, der sich bekanntlich in der Praxis durch vielfache Nebenumstände ganz anders gestaltet:

Holzart.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Aufzunehmender Sauerstoff.
Eiche, Quercus robur	49,432	6,069	44,499	133,472
Rothbuche, Fagus sylvatica	48,184	6,277	45,539	130,834
Weißbuche, Carpinus Betulus	48,533	6,301	45,166	132,312
Birke, Betula alba	48,602	6,375	45,023	133,229
Erle, Betula Alnus	49,196	6,217	44,587	133,953
Lerche, Pinus Larix	50,106	6,310	43,584	138,082
Weißtanne, Pinus Abies	49,946	6,407	43,647	138,377
Fichte, Pinus picea	49,591	6,384	44,025	136,886
Kiefer, Pinus sylvestris	49,937	6,250	43,813	136,931
Pflaume, Prunus domestica	49,311	5,964	44,725	132,088
Kirsche, Prunus Cerasus	48,824	6,276	44,900	133,340
Apfel, Pyrus Malus	48,902	6,267	44,831	133,139
Birne, Pyrus communis	49,395	6,351	44,428	135,881
Ebenholz, Diospyr. Ebenum	49,838	5,352	44,810	128,478
Buchsbaum, Buxus sempervirens	49,368	6,521	44,111	137,315
Korkulme, Ulmus suberosa	50,186	6,425	43,389	139,408
Pappel, Populus nigra	49,699	6,312	43,989	136,628
Esche, Fraxinus excelsior	49,356	6,075	44,569	133,251
Wallnuß, Juglans regia	49,113	6,444	44,444	135,690
Acacie, Robinia Pseudacacia	48,669	6,272	45,059	132,543
Roßkastanie, Aesculus Hippocastanum	49,077	6,714	44,209	138,002
Linde, Tilia europaea	49,408	6,861	43,731	140,523
Weide, Salix fragilis	48,839	6,360	44,801	133,951
Ahorn, Acer campestris	49,803	6,307	43,890	136,960

Die Quantität Wasserstoff, welche nöthig ist, um mit 44,498 Sauerstoff Wasser zu bilden, ist $1/8$ dieser Quantität, nämlich 5,56, das Eichenholz enthält demnach $1/12$ mehr Wasserstoff, als diesem Verhältnisse entspricht, Pinus Larix, Abies und picea enthalten $1/7$, die Linde $1/5$ mehr Wasserstoff. Der Wasserstoffgehalt steht in einiger Beziehung zum specifischen Gewichte, die leichten Holzarten enthalten mehr davon, als die schweren; das Ebenholz enthält genau die Elemente des Wassers.

Den Unterschied in der Zusammensetzung der Holzarten von der der reinen Holzfaser leitet Liebig von der Gegenwart wasserstoffreicher und sauerstoffarmer, zum Theil löslicher Bestandtheile im Harz und anderen Stoffen ab, deren Wasserstoff sich in der Analyse zu dem der Holzfaser addirt. Nach Gay-Lussac und Thénard besteht die Holzfaser des Eichenholzes nach dem Auskochen mit Wasser und Alkohol aus $C_{36}H_{11}O_{22}$. Nach der Analyse von Blondeau de Carolles[1]) dagegen ergibt sich für die Holzfaser die Formel CHO, wonach dieselbe also mehr Sauerstoff enthält, als

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 32. S. 427.

das Holz = $C_3H_4O_2$. Daß andere Analysen wie die erstere nicht mehr Sauerstoff für den Faserstoff ergeben als für das Holz, scheint darin seinen Grund zu haben, weil gewöhnlich so geringe Mengen Holz zu Elementaranalysen angewendet werden, daß die übrigen Bestandtheile gegen die des Faserstoffs verschwinden, weshalb man beim Analysiren von Holz und Holzfaser in der Regel fast ganz gleiche Resultate erhält.

Payen wies in der Holzfaser auch Stickstoff nach und Chevandier fand in 100 Theilen bei + 140° C. getrockneten Holzes:

	Buche	Eiche	Birke	Zitterpappel	Weide
C	49,89	50,64	50,61	50,31	51,75
H	6,07	6,03	6,23	6,32	6,19
O	43,11	42,05	42,04	42,39	41,08
N	0,93	1,28	1,12	0,98	0,98

Nach Blondeau de Carolles ist jedoch der Stickstoff nicht in chemischer Verbindung, sondern im freien Zustande vorhanden und scheint sich im Innern der Schläuche zu befinden, um sie ausgedehnt zu erhalten [1]).

Die in den Pflanzen vorkommenden Metalle: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen und Mangan bilden die Grundlagen von Salzen, welche man theils gelöst findet im Pflanzensafte, theils in fester Form krystallisirt, so als Chlorverbindungen, wie Chlorkalium, Chlornatrium (im Safte fast aller Pflanzen), oder mit Sauerstoff als Alkalien, wie Kali, Natron — alkalische Erden, wie Kalk und Magnesia — Erden, wie die Thonerde, oder Schwermetalloxyde, wie Eisen und Mangan — gebunden an organische Säuren und den Sauerstoffverbindungen der in den Pflanzen vorkommenden Nichtmetalle als anorganischen Säuren — pflanzensaure Salze, wie äpfelsaure, weinsaure, citronensaure, oxalsaure Salze von Kali, Natron, Kalk, im Safte vieler Pflanzen, namentlich in den fleischigen Früchten, die in Wasser unauflöslichen Salze finden sich in fester Form und zwar stets krystallisirt in den Zellen vor, wie besonders der oxalsaure Kalk, der in keiner Pflanze zu fehlen scheint — Sulphate von Kali, Natron, Kalk im Safte der meisten Pflanzen, der Gyps auch häufig in Krystallen, wie bei den Scitamineen; Silicate von Kali, sowohl gelöst, im Pflanzensafte, wahrscheinlich in dem Verhältnisse, wie in der Kieselfeuchtigkeit, als basisches Kalisilicat ($\dot{K}_2\dddot{Si}$), als auch in der Form fester Concretionen in der Rinde der Gewächse, besonders in der Epidermis rigider, sehr rauh anzufühlender Gewächse, wie des Schachtelhalms, des Schilfs, des Bambusrohrs, in dessen Kanten es erbsengroße Stücke (Tabasheer) bildet, in dem Verhältnisse wie im Glase, wahrscheinlich als saures Kalisilicat ($\dot{K}\dddot{Si}_3$). Nach anderen Versuchen bestanden dagegen diese Concretionen blos aus Kieselsäure. Phosphate von Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisen, Mangan in den Samen, namentlich denen der Gräser, Leguminosen, Roßkastanien, Leinsamen, in den Kartoffeln rc.; salpetersaures

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 32. S. 427.

Kali in wenigen Pflanzen, wie im Boretsch, im Glaskraut; Carbonate: doppeltkohlensaurer Kalk im Safte der Pflanzen, neutrales Kalkcarbonat als weißer Überzug, wie beim Armleuchter (Chara), als ganze Körner im Wasserschwanz (Hydrurus). Bisweilen sind auch gewisse Antheile der anorganischen und organischen Säuren an Alkaloide gebunden. Im Safte der Pflanzen kommt auch freie Kohlensäure vor, im festen Gewebe freie Kieselsäure. Saussure fand in der Asche der Eichenblätter im Frühjahre 3 Procent Kieselsäure, im Herbste 14½, im Holze 2% und im Splinte 7½% des Aschengewichtes. Der Stickstoff bildet außerdem mit Wasserstoff als Ammoniak ebenfalls solche Salze.

Jodide und Bromide kommen fast nur in Seegewächsen vor und von Kupferoxyd wurden bis jetzt nur Spuren in wenigen Pflanzen nachgewiesen.

Anorganische Bestandtheile der Pflanzen.

Die anorganischen Salze, mit Ausnahme der flüchtigen Ammoniakverbindungen, bleiben bei der Verbrennung nebst den aus den pflanzensauren und salpetersauren Salzen dabei entstehenden kohlensauren Verbindungen zurück und bilden die Asche. Das quantitative Verhältniß der angeführten Stoffe ergibt sich aus folgenden Analysen:

Analysen einiger Pflanzenaschen von Hertwig.

100 Theile Asche enthalten:	Buchenholz	Buchenrinde	Tannenholz	Tannenrinde	Fichtennadeln	Havanna-Tabak	Hannov. Tabak	Feldbohnenstroh	Erbsenstroh I.	Erbsenstroh II.	Kartoffelkraut	Klee Luzerne [1]
Kohlensaures Kali	11,72		11,30			6,18		13,32	4,16	4,34		23,47
Kohlensaures Natron	12,37	3,02	7,42			19,4	1,61	16,06	8,27		4,69	8,16
Schwefelsaures Kali	3,49			2,95	10,72		11,11	32,4	10,75	11,99		2,23
Kochsalz					1,95	8,64	9,24	0,28	4,63	3,72	2,28	2,27
Schwefelsaures Natron						7,39	1,09					
Kieselsaures Kali					3,90							
Kohlensaurer Kalk	49,54	64,76	50,94	64,98	63,32	51,38	40,00	39,50	47,81	49,73	43,68	41,61
Bittererde	7,74	16,90	5,60	0,93	18,6	7,09	4,27	1,92	4,05	1,38	3,76	6,41
Phosphorsaurer Kalk	3,32	2,71	3,43	5,03	6,35	9,04	17,95	6,43	5,15	1,15	5,73	11,80
Phosphorsaure Bittererde	2,92	0,66	2,90	4,18				6,66	4,37	7,82	1,30	0,91
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,76	0,46	1,04	1,04	0,88			3,49	0,90	3,64	2,75	0,81
Phosphorsaure Thonerde	1,51	0,84	1,75	2,42	0,71				1,20			
Phosphorsaur. Manganoxydul	1,59											
Kieselerde	2,46	9,04	13,37	17,28	10,31	8,26	15,25	7,97	7,81	15,54	29,81	2,26

Aschenanalysen von de Saussure.

Namen der Gewächse	Asche von 1000 Theilen der trockenen Pflanze	100 Theile Asche enthalten:					100 Theile Asche geben an Wasser lösliche Salze ab
		Alkalien und Salze m. alkalischer Basis	Phosphors. Kalk und Bittererde	Metalloxyde (Eisen, Mangan)	Kohlensaure Erden	Kieselerde	
Eichbaum, Blätter vom 10. Mai	53	72,24	24	0,64	0,12	3	47
" " **27. Sept.**	55	42,5	18,25	1,75	23	14,5	17
" geschälte Aeste	4	58,58	28,5	1	12,25	0,12	26
" Rinde derselben	60	29,75	4,5	1,75	63,25	0,25	7
" Holz derselben	2	59,25	4,5	2,25	32	2	38,6
" Splint dieses Holzes	4	55,3	24	2	11	7,5	32
" Rinde dieses Holzes	60	28,5	3	2	66	1,5	7
" Bast dieses Holzes	73	29,75	3,75	1	65	0,5	7
" Extrakt des Holzes	61	51					
Eichenholz, Dammerde	41	32,5	10,5	14	10	32	
Wässeriges Extrakt dieser Dammerde	111	66					
Blätter des Pappelbaums, Populus nigra, vom 26. Mai	66	51,5	13	125	29	5	36

1) Analyse von Thon.

Aschenanalysen von de Saussure.

Namen der Gewächse	Asche von 1000 Theilen der trockenen Pflanze	100 Theile Asche enthalten: Alkalien und Salze m. alkalischer Basis	Phosphors. Kalk und Bittererde	Metalloxyde (Eisen, Mangan)	Kohlensaure Erden	Kieselerde	100 Theile Asche geben an Wasser lösliche Salze ab
Blätter der Pappelbaums, Populus nigra, vom 12. Sept.	93	44	7	1,5	36	11,5	26
Stamm des Pappelbaums	8	50,5	16,75	1,5	27	3,3	26
Rinde desselben Holzes	72	29,2	5,3	1,5	60	4	6
Blätter des Haselnußstrauches, Coryllus Avellana, vom 1. Mai	61	50,7	23,3	1,5	2,2	2,5	26
Haselnußblätter vom 22. Juni	62	30	19,5	2	44,1	4	22,7
" " 20. Sept.	70	44	14	1,5	29	11,8	11
Geschälte Zweige "	5	28	12	2	36	22	24,5
Rinde derselben	62	56,7	35	0,12	8	0,26	12,6
Holz von Morus nigra	7	41,38	2,25	0,25	56	0,12	21
Splint desselben Baumes	13	47,5	27,25	0,25	24	1	26
Rinde desselben Baumes	89	30,13	8,5	1,12	45	15,25	7
Bast der nämlichen Rinde	88	34,38	16,6	1	48	0,12	10
Holz der Weißbuche, Carpinus Betulus	6	48,63	23	2,25	26	0,12	22
Splint derselben	7	47	36	1	15	1	18
Rinde derselben	134	34,88	4,5	0,12	59	1,5	4,5
Roßkastanien	35	9,5	Die im Wasser unlöslichen Theile wurden nicht bestimmt.				
Blätter vom 10. Mai	72	50					
" " 23. Juli	84	24					
" " 27. Sept.	86	13,5					
Kastanienblüten	71	60					
Sonnenblumen vor der Blüte vom 25. Juni	147	79,67	6,7	0,12	11,56	1,5	63
" " " " " 23. Juli	137	79,78	6	0,12	12	1,5	61
" mit Samen	69,25	22,5	0,5	4	3,75		51,5
Fichtenblätter vom Jura vom 20. Juni	29	40,13	12,27	1,6	43,5	2,5	16
" von Kieselboden	29	34,5	12	5,5	29	19	15
Heidelbeeren von Kalkboden vom 20. August	26	86,38	18	3,12	42	0,5	17
" " Kieselboden	22	41,5	22	9,5	22	5	24

Aschenanalysen von Berthier.

Bestandtheile	Weißbuchenholz	Weißbuchenholzkohle	Rothbuchenholzkohle	Eichenholz	Eichenrinde	Lindenholz	Mahalebkirschenholz	Traubenhollunderholz	Holz v. cervis silliquastrum	Erlenholz	Tannenholz	Tannenholz	Fichtenkohle	Weizenstroh	Rainfarrenkraut	Kartoffelkraut	Tabakswurzel
Procente der Asche		2,65	3,00	2,50	6,00	5,00	1,60	1,64	1,70			0,83	1,24	4,40		15,00	
100 Theile Asche halten in Wasser lösliche Bestandtheile	18,9	17,2	1,60	12,0	5,0	10,8	1,60	31,5	19,0	18,8	25,7	50,0	13,6	9,0	29,0	4,2	12,3
in Wasser nicht lösliche	81,1	78,9	82,0	88,0	95,0	89,2	84,0	68,5	81,0	81,2	74,3	50,0	86,4	81,0	71,0	95,8	87,7
100 lösliche Theile halten:																	
Kohlensäure		24,60	22,4	24,0	23,2	27,42	20,0	24,0	24,9	6,6	30,2	13,5	20,75	Spur	15,0	6,2	10,0
Schwefelsäure		7,25	7,3	8,1	6,0	7,53	6,0	6,4	3,1	0,3	3,1	6,9	12,00	2,0	5,6	23,0	10,3
Salzsäure		4,61	5,2	0,1	0,7	1,80	10,0	0,4	0,5		0,3	0	6,63	13,0	11,0	12,0	18,26
Kieselerde		1,00	1,0	0,2	0,8	1,61	1,0	0,2	1,0		1,0	2,0	1,33	35,0			
Kali		50,65	64,1	67,6	69,3	60,64	63,0	67,0	70,5		65,4	28,2	31,66	50,0	68,4	58,8	61,44
Natron		12,10										41,5	15,33				
Wasser												7,9					
100 nicht lösliche Theile halten:																	
Kohlensäure	33,2	29,20	32,9	39,6	38,5	39,8	34,0	31,4	34,0	31,0	23,0	21,5	36,0		25,3		
Phosphorsäure	10,0	8,80	5,7	0,8		2,8	6,3	8,3	7,5	7,7	4,2	1,8	1,0	1,2	8,0		
Kieselerde	5,0	3,90	5,8	3,8	1,1	2,0	1,8	3,2	2,4	5,0	8,0	13,0	4,6	75,0	21,8	38,0	
Kalk	38,6	42,70	42,6	54,8	50,1	51,8	48,8	49,2	46,0	50,2	39,8	27,2	42,3	5,8	42,8		
Bittererde	7,8	6,95	7,0	0,6	0,8	2,2	7,0	2,5	7,2	2,5	4,4	8,7	10,5		0,7		
Eisenoxyd	1,4	0,10	1,5			0,1	0,5	1,1	1,3	3,6	14,1	22,3	0,1	2,5	0,7		
Manganoxyd	3,4	6,95	4,5		7,4	0,6	0,8	1,8	0,7		6,0	5,5	0,4		0,7		
Kohle		1,40			2,1								4,8	7,5			
Koli														8,0			

Analysen von Holz- und Rindenaschen.

100 Theile enthalten:	Viscum album, auf Apfelbaum gewachsen	Linde, Holz	Linde, Rinde	Weinrebe	Weinrebe, Durchschnitt von 3 Analysen	Weinrebe, Durchschnitt von 6 Analysen	Cerasus avium, Holz	Cerasus avium, Rinde	Pyrus Amelanchier, Holz	Sorbus Aria, Holz	Apfelbaum, Holz	Ulmus campestris, Holz	Ulmus campestris, Rinde	Quercus Robur, Holz	Fagus sylvatica	Tannenholz	Pinus sylvestris	Derselbe, abgestorben	Pinus Larix
untersucht von	Will	L. Hoffmann		Graffo	Hruschauer	Walz	Engelmann		Erdmann (?)		Fresenius	Wrightson		Deninger	Böttinger	Levi	Böttinger	Demf.	Demf.
Kali	40,71	35,802	16,144	37,482	31,45	24,53	25,90	7,94	4,21	10,21	19,24	21,92	2,22	8,4	15,80	10,50	2,79	0,93	15,24
Natron	—	5,235	4,529	1,336	7,72	14,36	10,47	15,48	7,80	15,93	0,45	13,72	10,09	5,65	2,76	9,97	15,99	14,59	7,27
Kalk	22,37	29,930	60,811	34,344	32,66	13,56	35,78	44,67	76,64	53,90	63,60	47,80	72,70	75,45	60,35	46,15	30,36	33,99	25,85
Magnesia	11,06	8,035	4,147	1,055	6,65	5,76	11,47	5,43	5,10	9,02	7,46	7,71	3,19	4,49	11,28	13,46	19,76	20,00	24,50
Manganoxydoxydul	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,17	7,61	13,51
Eisenoxyd	—	7,975	1,237	—	0,19	—	0,07	0,21	0,44	0,60	—	—	—	0,57	—	3,26	—	7,73	—
Kohlensäure	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsäure	19,09	4,849	4,017	—	17,59	—	9,63	3,47	3,82	8,40	4,15	2,81	1,22	3,46	—	4,49	—	—	—
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,11	—	—	1,564	—	1,61	—	—	—	—	2,41	1,69	1,19	—	1,84	—	5,10	2,28	6,18
Phosphorsaurer Kalk	—	—	—	15,694	—	17,65	—	—	—	—	—	—	—	—	3,99	—	—	—	—
Schwefelsäure	1,62	5,305	0,748	—	—	—	4,11	0,86	—	—	0,93	1,28	0,62	1,16	—	3,08	—	—	—
Schwefelsaurer Kalk	—	—	—	—	4,23	1,80	—	—	1,46	1,62	—	—	—	—	2,30	—	3,31	5,05	2,91
Chlor	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	0,71	—	—	—
Chlorkalium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chlornatrium	1,17	1,491	2,288	1,614	0,60	0,32	—	0,66	—	—	0,45	—	—	—	0,21	—	1,48	2,52	0,92
Kieselerde	1,87	5,266	2,271	0,725	1,51	1,89	2,57	21,28	0,53	0,32	1,31	3,07	8,77	0,78	0,46	8,38	3,04	5,27	3,60
Sauerstoffgehalt der an Pflanzensäure gebundenen Basen	—	—	—	—	—	15,61	—	—	—	—	—	—	—	—	24,65	—	20,53	21,16	21,37
Aschenprocente	—	—	—	2,849	—	2,93	0,28	10,37	3,64[4]	1,612	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Streumaterialien analysirt von Sprengel.

100 Gewichtstheile der unverbrannten Theile enthalten:	Roggenstroh	Buchenlaub	Eichenlaub	Lindenlaub	Tannennadeln	Kiefernadeln	Junges Heidekraut
Kieselerde	2,297	1,812	1,515	0,260	0,836	0,175	0,582
Kalkerde	0,178	3,458	2,307	4,786	1,290	0,504	0,518
Talkerde	0,012	0,407	0,183	0,500	0,078	0,120	0,164
Kali	0,032	0,048 (Kali und Natron)	0,001	1,552	0,440	0,297	0,094
Natron	0,011			0,198	0,196	0,264	0,200
Alaunerde	0,025 (Alaunerde, Mangan- und Eisenoxyd)	0,075	0,065	0,048	0,016	0,060	0,045
Mangan- und Eisenoxyd							
Manganoxyd		0,270	0,100	0,162 (Mangan- und Eisenoxyd)	0,001	0,005	0,053
Eisenoxyd		0,056	0,024				0,090
Schwefelsäure	0,170	0,129	0,091	0,081	0,074	0,049	0,102
Phosphorsäure	0,051	0,440	0,190	0,680	0,192	0,240	0,015
Chlor	0,017	0,0	0,0	0,224	0,027	0,080	0,095
Summe d. Gewichtstheile	2,793	6,695	4,496	8,491	3,150	1,744	1,958

Aschenanalysen kra[...]

100 Theile enthalten:	Fucus digitatus	Fucus vesiculosus	Fucus nodosus	Fucus serratus	Fucus vesiculosus	Acorus Calamus	Scirpus lacustris	Maisstroh		Zuckerrohr, Mittel von 12 Analysen	Lolium perenne		Gerste, Mittel von 4 Analysen	Stroh derselben	Körner derselben	Haferstroh
untersucht von	Gödechens				James	Kölling	Weltmann	Hruschauer		Stenhouse	Weltmann		Way			Levi
Kali	22,40	15,23	10,07	4,51	—	32,92	15,29	14,46	4,78	16,63	30,09	9,71	20,5	24,40	19,1	12,18
Natron	8,29	11,16	15,80	21,15	15,10	—	—	39,92	12,69	1,13	—	15,60	0,1	1,06	—	14,69
Kalk	11,86	9,78	12,80	16,36	16,77	11,47	7,31	4,93	11,00	8,47	9,12	7,30	14,2	9,65	3,6	7,29
Magnesia	7,44	7,16	10,93	11,66	15,19	7,70	2,57	1,84	11,44	7,62	4,08	—	4,6	1,70	7,6	4,58
Manganoxydoxydul	—	—	—	—	—	1,41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Eisenoxyd	0,62	0,33	0,29	0,34	4,42	—	1,17	0,90	0,73	—	1,55	2,23	—	—	—	1,41
Kohlensäure	—	—	—	—	—	5,40	—	—	—	—	—	—	1,5	1,27	—	—
Phosphorsäure	2,56	1,36	1,52	4,40	—	12,34	9,46	11,76	22,39	6,80	12,03	15,79	10,6	1,80	31,2	1,94
Phosphorsaures Eisenoxyd	—	—	—	—	—	2,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsaure Kalkerde	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Schwefelsäure	13,26	28,16	26,69	21,06	30,94	5,05	4,80	—	—	6,62	23,79	3,02	3,7	4,60	3,4	2,16
Schwefelsaure Kalkerde	—	—	—	—	—	—	—	1,01	1,37	—	—	—	—	—	—	—
Chlor	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,50
Chlorkalium	—	—	—	—	—	14,65	3,96	—	—	8,30	9,39	—	—	—	—	—
Chlornatrium	28,39	25,10	20,16	18,76	9,89	2,83	27,35	6,29	0,55	5,44	5,79	20,46	3,9	8,25	2,3	—
Jodnatrium	3,62	0,37	0,54	1,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kieselsäure	1,56	1,35	1,20	0,48	7,69	2,39	28,09	18,89	35,05	43,80	24,17	26,00	41,7	47,20	33,2	54,25
Aschenprocente	20,40	16,39	16,19	15,63	13,22	6,90	—	2,30	0,36	—	8,66	11,40	7,36	4,2	2,04	6,50

Analysen v[...]

100 Theile enthalten:	Hirse	Mais (Bechelbronn)	Weizen (Gießen)	Gerste	Roggen (Gießen)	Hafer	Buchweizen (Cleve)	Datura stramonium	Leinsamen	Citronenkerne	Roßkastanie[...]
untersucht von	Poleck	Letellier	Will und Fresenius	Bichon	Will und Fresenius	Boussingault	Bichon	Souchay	Leuchtweiß	Souchay	Saussure
Kali	9,58	30,8	21,87	3,91	32,76	12,9	8,74	20,22	25,85	33,89	(51 K[...]
Natron	1,31		15,75	16,79	4,45	—	20,10	14,24	0,71	3,56	
Kalk	0,61	1,3	1,93	3,36	2,92	3,7	6,66	4,11	25,27	12,87	(28 K[...]
Magnesia	7,66	17,0	9,60	10,05	10,13	7,7	10,38	17,56	0,22	8,67	
Eisenoxyd	—	—	1,36	1,93	0,82	1,3	1,05	—	3,67	—	0,25
Kohlensäure	0,63	—	—	—	—	—	—	3,94	—	0,24	
Phosphorsäure	—	50,1	49,32	40,63	47,29	14,9	50,07	—	40,11	—	
Phosphorsaures Eisenoxyd	18,19	—	—	—	—	—	—	34,72	—	34,81	
Phosphorsaurer Kalk	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Schwefelsäure	—	—	0,17	0,26	1,46	1,0	2,16	—	—	—	12
Schwefelsaurer Kalk	—	—	—	—	—	—	—	—	1,70	3,30	
Chlor	0,60	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	
Chlorkalium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Chlornatrium	—	—	—	—	—	—	—	—	1,55	—	3 K[...]
Kieselerde	1,43	0,8	—	21,99	0,17	53,3	0,69	—	0,92	2,31	
Kohle u. s. w.	59,63	—	—	—	—	4,7	—	5,21	—	0,35	u. [...]
Sauerstoffgehalt der Basen	—	—	12,35	11,70	11,97	14,59	11,96	—	12,76	—	—
Aschenprocente	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

…rtiger Pflanzen.

	…coerulea	Spinacia oleracea	Digitalis purpurea	Ungarischer Tabak Mittel von 3 Analysen	Ungarischer Tabak Mittel von 6 Analysen	Centaurea Cyanus	Solanum tuberosum Mittel von 3 Analysen	Anthemis arvensis	Erica herbacea		Matricaria Chamomilla	Conium maculatum	Linum usitatissimum, Mittel von 3 Analysen	Chelidonium majus	Brassica Rapa, Mittel v. 3 Analysen	Agrostemma Githago	Trifolium pratense	Esparsette	Bohne	Cannabis sativa, Mittel v. 3 Analysen
untersucht von	…üller	Saalmüller	Wrightson	Fresenius und Will		Rülling	Way	Rülling	Hruschauer		Rülling	Wrightson	Erdmann (?)	Rülling	Way	Rülling	Horsford	Buch	Way	
	,24	23,43	43,58	29,21	9,89	36,53	46,60	30,57	14,13	34,04	25,49	21,69	21,4	33,11	40,27	22,86	16,101	6,75	24,5	10,41
	,76	24,63	3,70	0,75	0,04	—	0,28	—	9,48	0,49	—	9,64	2,7	—	1,0	—	40,713	20,33	2,68	0,44
	,01	10,64	12,67	27,84	45,42	15,48	3,45	16,01	21,06	25,65	19,10	14,96	29,8	23,37	12,57	26,26	29,914	—	32,8	43,20
	,42	7,47	6,35	7,70	13,86	4,56	9,40	3,66	15,54	11,41	4,94	8,39	5,02	5,06	4,5	6,14	8,289	8,57	3,84	5,7
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5,95	2,10	—	—	—	—	—	—	1,91	4,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	15,00	10,63	14,30	—	—	17,00	—	18,40	14,20	9,7	18,60	—	—	21,11	22,76
	5,54	8,56	—	—	—	6,59	13,55	9,94	21,44	11,52	5,11	—	8,1	15,10	13,4	6,64	3,914	—	5,75	5,95
	—	—	4,63	7,24	6,03	2,34	—	4,77	—	—	2,39	3,49	—	1,80	—	1,80	0,670	2,87	—	—
	—	—	0,44	—	0,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54,89	—	—
	—	4,44	—	—	—	2,69	4,34	—	—	—	—	—	5,07	2,24	7,6	2,38	1,063	—	2,83	1,34
	—	—	6,69	6,15	6,82	—	—	—	4,40	3,62	—	5,88	—	—	—	—	—	3,31	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	1,63	3,70	11,88	2,50	—	—	—	—	—	2,45	3,39	1,6	7,55	—	—	0,36	—
	8,77	12,81	9,08	5,40	3,92	—	2,56	—	4,00	2,07	—	16,61	2,11	—	2,51	—	4,730	2,18	1,56	1,03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7,30	5,88	12,78	14,21	7,78	3,29	5,59	—	8,04	6,99	—	2,62	3,92	1,41	3,66	2,38	2,605	1,10	3,96	26,03
	4,64	19,76	10,89	22,2	23,47	7,32	1,37	—	1,301	0,841	—	—	—	6,85	0,32	13,20	11,17	—	—	6,37

…Samenaschen.

	Medic. sativa	Brassica Napus	Weißer Senfsamen	Schwarz. Senfsamen	Quittenkerne	Erbsen (Gießen)	Linsen (Worms)	Bohnen, Phaseolus vulg. (Gießen)	Wicken	Wallnuß	Hanf	Eicheln	Fagus sylvatica	Pinus picea	Pinus sylvestris
untersucht von	Souchay	Müller	James		Souchay	Will und Fresenius	Levi	Levi	Levi	Glasson	Leuchtweiß	Kleinschmidt	Souchay	Poleck	Poleck
	9,53	21,34	10,02	12,66	27,09	39,51	34,31	38,89	30,57	27,12	21,67	64,64	22,82	21,75	22,37
	11,24	5,26	9,61	4,09	3,01	3,98	13,30	11,78	10,91	—	0,66	—	9,50	6,76	1,26
	7,74	14,63	21,28	17,34	7,69	5,91	6,24	5,90	4,79	19,98	26,63	4,89	24,50	1,54	1,86
	15,42	11,96	11,25	14,38	13,01	6,43	2,44	9,03	8,49	7,72	1,00	5,57	11,64	16,79	15,09
	—	—	—	—	—	1,05	1,98	0,11	0,75	—	—	—	3,11	—	—
	1,08	2,84	1,46	1,12	1,19	—	—	—	—	0,73	0,77	14,26	—	1,31	3,01
	—	—	—	—	—	34,50	35,82	31,34	38,05	2,93	—	15,62	—	—	—
	54,99	41,68	37,41	37,39	42,02	—	—	—	—	35,61	34,72	2,61	20,81	39,65	45,95
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,67	—	—
	—	—	—	—	—	4,91	—	2,47	4,10	—	—	—	—	—	—
	—	0,77	5,41	7,17	2,67	—	—	—	—	—	—	4,73	2,20	—	—
	—	—	—	—	—	—	4,56	0,33	1,21	3,88	0,18	—	—	—	—
	—	—	0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	3,71	—	—	—	0,80	—	—	—	—	—
	—	—	—	2,27	2,57	—	1,31	0,44	2,01	—	0,09	0,96	0,87	0,57	—
	—	1,52	3,36	2,78	0,75	—	—	—	—	1,13	14,04	—	1,88	11,71	10,44
	—	14,17	—	—	—	11,18	—	—	—	—	13,88	—	—	14,60	12,94
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,667	—	—	—	—	—

In der Asche der Parmelia parietina fand Thomson 65 Procent Kieselerde und 22—35% phosphorsauren Kalk und Eisenoxyd; das Übrige war kohlensaurer Kalk, schwefel- und phosphorsaures Natron nebst Chlornatrium. Die Aschenausbeute betrug im Ganzen 6,71—6,8%, bei Parmelia saxatilis von verschiedenen Standorten 3,9—6,9, bei Cladonia rangiferina 12,47, Scyphophorus pyxidatus 6,09, Sc. bellidiflorus 1,18, Ramalina scopulorum 4,18, Parmelia omphalodes 8,12, Cetraria islandica 1,84, die Zusammensetzung der Asche war überall wie bei Parmelia parietina.

Allgemeine Übersicht der anorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Aus vorstehenden Analysen ergibt sich im Allgemeinen, daß die 1 bis 5 Procente betragende Menge der anorganischen Bestandtheile, oder die Asche des Holzes über die Hälfte aus pflanzensauren (durch die Verbrennung in kohlensaure verwandelten) Kalksalzen besteht. Die andere Hälfte bildet zum größten Theile pflanzensaures Kali, welches zuweilen bis gegen die Hälfte von Natron vertreten ist. Etwa $^1/_{20}$ der Asche bilden Magnesiasalze. Eisen- und Mangansalze finden sich nur bis gegen 6 Procent.

Thonerde ist nur in zweien der vorstehenden Analysen angegeben, in der von Hertwig zu durchschnittlich $1^1/_2$% Phosphat, bei Sprengel noch weit weniger. Nur in der Asche einiger Flechtenarten nahm man bisher noch allgemeiner einen Thonerdegehalt an. Knop und Schnedermann[1]) vermochten sie aber auch in diesen nach sorgfältiger Reinigung von Erde nicht mehr nachzuweisen.

Man hat daher die einzelnen Angaben über das Vorkommen der Thonerde als Pflanzenbestandtheil um so mehr aus mechanischen Einschließungen von Bodentheilchen abzuleiten gesucht, je schwieriger sich bis jetzt noch der Übergang dieser Erde in die Pflanzen wegen ihrer fast absoluten Unauflöslichkeit (vgl. unter humussaure Salze S. 371), erklären läßt. Wittstein[2]) nimmt an, daß die Thonerde von den Wurzeln mit dem Wasser in höchst fein vertheiltem ungelösten Zustande aufgenommen werde, ähnlich so vielen feinen Niederschlägen, die in Flüssigkeiten vertheilt mit diesen durch die Filter gehen. Er löste die Asche verschiedener Gewächse in Salzsäure auf, verdampfte ohne vorhergehende Filtration zur Trockne, zog mit Salzsäure aus, fällte nach dem Filtriren mit Ammoniak, digerirte den ausgewaschenen Niederschlag noch feucht mit Kalilösung und digerirte dann den alkalischen Auszug mit Salmiak (vgl. S. 251). Die Asche aller von ihm nach diesem Verfahren untersuchten Gewächse, nämlich Blätter von Vitis vinifera, Fragaria vesca, Juglans regia und Cissus hederacea, jüngere Zweige von Lonicera tartarica, Blätter und Holz von Ribes rubrum und Syringa vulgaris lieferte unzweifelhafte Spuren von Thonerde, nur in der Wurzelrinde von Berberis vulgaris waren sie zweifelhaft und die Holzasche von Prunus domestica ergab gar keine Thonerde. Wie sich aber Wittstein überzeugt habe, daß den untersuchten Pflanzentheilen kein thonerdehaltiger Staub, Erdtheilchen rc. anhingen, ist nicht angegeben. Aber auch nach Erdmann läßt sich um so weniger Thonerde nachweisen, je

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 38. 1846. S. 347.
2) Buchner's Repertor. f. d. Pharm. 2. Reihe. 44. Bd. 1846. S. 332—347.

sorgfältiger die Pflanzenstoffe vor der Einäscherung gereinigt wurden, und er konnte in ganz reinen Stücken harter Hölzer, namentlich Buchs- und Ebenholz keine Spur Thonerde ermitteln, ebensowenig in reinen Samenaschen.

Fürst von Salm-Horstmar fand in der Asche von Helleborus niger und in der der Nadeln von Pinus sylvestris keine Spur Thonerde, in der Asche des Lycopodium complanatum dagegen 38,5 Procent, während die Asche von den Zweigen eines Juniperus communis, welcher unmittelbar daneben gewachsen war, in 0,35 Grammen noch kein Milligramm enthielt. Dieses verschiedene Vorkommen der Thonerde glaubte er daraus erklären zu können, daß die Wurzeln mancher Pflanzen eine Säure ausscheiden, welche die Thonerde löslich macht, und wirklich fand er, daß die ganz frischen, feineren Wurzeln des Lycopodium complanatum, frei von Erde auf feuchtes Lackmuspapier gelegt, dasselbe röthen. Nach John's Analyse[1]) enthält diese Pflanze eine beträchtliche Menge saurer essigsaurer Thonerde, und in Norwegen benutzt man dieselbe sogar als Beize zum Blaufärben mit Blauholz. Auch Lycopodium alpinum soll sich ähnlich verhalten.[2])

Nach den pflanzensauren bilden die phosphorsauren Salze die beträchtlichste Menge und zwar als Kalk- und Magnesiaverbindungen; bilden jedoch nur etwa den zehnten Theil der Asche. Die Kieselerde findet sich zu etwa zwei Procenten in der Asche der Laubhölzer, bei den Nadelhölzern und den Blättern der Bäume zu 12 Procent. Mehr als das Holz enthält noch die Rinde. Bei den Gräsern und Flechten bildet sie über die Hälfte, bei den Equiseten nach Struve über 97 Procent der ganzen Aschenmenge, auch im Samen der Gerste beträgt sie fast 1/4, im Hafer über die Hälfte derselben, während sie andere Samen in der Regel nur zu 1 bis 2 Procenten, oder gar nicht enthalten. Übrigens zeichnen sich die Samen durch die beträchtliche Menge an Phosphaten (über die Hälfte der Asche) von Kalk, Magnesia und Kali, so wie durch den constanteren und größeren Natrongehalt[3]) aus, welcher bisweilen sogar die Quantität des Kali übersteigt. Auch die Asche der Flechten besteht fast zur Hälfte aus Kalkphosphat.

Viel beträchtlicher als in den Holzarten, bei denen sie in der Regel nur 1½ bis 3 Procente beträgt, ist die Menge der anorganischen Bestandtheile, oder der Asche in den Blättern, krautartigen Pflanzen und Flechten, wo sie von 4 bis 23 Procente steigt.

Die pflanzensauren Salze, welche in keiner Pflanze fehlen, sollen nach

---

1) S. dessen chemische Schriften VI. 50 oder Fechner's Resultate der bis jetzt unternommenen Pflanzenanalysen. Leipzig, Voß. 1829.

2) Oken's Naturgeschichte. 2. Bd. Stuttgart. 1838. S. 317.

3) Nach Erdmann beruht aber der große Natrongehalt, welchen man nach der Analyse von Will und Fresenius erhält, auf einem Fehler dieses Verfahrens, da sich ihm dieser Gehalt wohl nach dieser, nicht aber nach seiner Methode ergab. Es stellte sich heraus, daß das vermeintliche Natron nichts Anderes als bei der Analyse zugesetzter und nicht vollständig wieder entfernter Baryt war. Vgl. das Verfahren von Erdmann im pharm. Centralbl. 1847. S. 115 aus dem Berichte der Leipziger Gesellschaft der Wissenschaften. S. 83—90.

Liebig für jede Pflanzenspecies eine bestimmte Quantität Basis in Anspruch nehmen, so nämlich, daß die Summe der Sauerstoffmenge aller Basen, die mit Pflanzensäuren verbunden sind, sich stets gleich bleibt. Mulder dagegen sucht nachzuweisen, daß eine solche Gleichheit, wenn sie gefunden wurde, nur zufällig gewesen sein kann. Zumal lasse sich die Summe der Basen durch Einäscherung nicht einmal finden, da hier das Ammoniak verloren gehe. Daß sie übrigens annäherungsweise gleich sei, dies lasse sich schon aus allgemeinen Gründen vermuthen[1]).

Von der Zusammensetzung der einzelnen Pflanzentheile.

Wesentliche und unwesentliche Bestandtheile der Pflanzen.

Die wenigen Elemente, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor, durch deren verschiedenartige Zusammensetzung die organischen Bestandtheile der Pflanzen entstehen, scheinen durchgängig als wesentliche Bestandtheile der Pflanzen betrachtet werden zu müssen, weil keiner von ihnen in jenen Theilen der Pflanze, worin sie einmal vorkommen, ein anderes Mal fehlen, oder durch ein anderes Element ersetzt werden kann, ohne die Natur dieser Pflanzensubstanz völlig zu ändern.

Wichtigkeit der anorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Weniger unbedingt scheint diese Annahme von den anorganischen Bestandtheilen (anorganischen Säuren, Basen und Salzen) zu gelten. Obgleich man sie in allen bis jetzt untersuchten Pflanzen, etwa Mycoderma vini ausgenommen, gefunden hat, so können sie doch nicht als wesentliche Bestandtheile der Pflanzen angesehen werden, weil zum Bestehen derselben keine constanten Mengen und selbst zum Entstehen mancher Pflanzenstoffe wenigstens die unmittelbare Mitwirkung anorganischer Stoffe gar nicht erforderlich zu sein scheint. So liefert auf salpeterfreien Boden gesäeter Same der Sonnenblume, Helianthus annuus, salpeterfreie Pflanzen, während andere in denselben, aber mit Salpeterlösung begossenen Boden gesäete Sonnenblumenpflanzen denselben auch in ihrem Gewebe enthielten. De Saussure und viele andere Chemiker fanden in verschiedenen Pflanzen auf kalkreichem Boden mehr Kalk, als in kalkarmem oder kalkfreiem. Dagegen wachsen die mit Seesalz beladenen Meerpflanzen nur in einem seesalzhaltigen Wasser, die kochsalzhaltigen Strand- und Salzpflanzen verkümmern in einem Boden, der ihnen kein Kochsalz darbietet.

Die Schuttpflanzen, wie die Nesseln, Urtica urens und dioica, dann Borago officinalis, Chenopodium vulvaria und vulgare etc. lieben vorzugsweise Kali- und Kalksalpeter und vegetiren daher auch an solchen Plätzen, wo Salpeter erzeugt wird, außerordentlich üppig, allein sie können auch auf einem salpeterlosen Boden wachsen, obgleich, wie es scheint, nicht immer so üppig. Lampadius fand, daß Kochsalz in dem Verhältnisse von 14,6 Gran auf 1 Quadratfuß Fläche die Vegetation von Hafer und Roggen sehr begünstige. Trommsdorff sah, daß ein Ast der Mentha piperita, den er in eine Auflösung von Salpeter gelegt hatte, um 378 Gran

---

1) Vgl. Mulder, Versuch einer physiologischen Chemie. 1846. S. 687. 693 u. 697.

schwerer geworden war, indem ein anderer von derselben Pflanze in reinem Wasser nur 145 Gran an Gewicht zugenommen hatte.

Das Stärkmehl enthält fast gar keine anorganischen Basen. Es entsteht ohne ihre unmittelbare Mitwirkung, aber der Zelleninhalt, welcher das Dextrin des Pflanzensaftes in Stärkmehl verwandeln muß, kann sie nicht entbehren, es verliert seine Eigenschaften, wenn es nicht die nöthige Menge von Basen findet. Es kann also (wenigstens mittelbar) ohne Basen nicht entstehen, ob es gleich keine derselben enthält.

Da die saftreichsten (die krautartigen) Pflanzen eine weit größere Menge Asche liefern, als die saftarmen (Holz-) Gewächse, so muß sich offenbar der größte Theil der anorganischen Substanzen im aufgelösten Zustande in den Pflanzen befinden. Diese anorganischen Stoffe nehmen also nicht in demselben Verhältnisse zu, wie die organischen Bestandtheile der Pflanzen, weil der Saftgehalt mit dem Alter abnimmt. Sie scheinen demnach mit den aus dem Humus aufgenommenen Stoffen in den Organismus gelangt, ausschließlich dem Nahrungs- und Abscheidungssafte anzugehören, aus dem sie sich mehr zufällig in um so größerer Menge in festem Zustande (krystallisirt) ablagern, je mehr gewisse Umstände, wie Witterung, Klima, große Oberfläche rc. die Verdunstung des Wassers aus der Pflanze begünstigen. Bildet auch die Kieselerde in manchen Pflanzen (s. S. 136) ein förmliches Skelett, so kann sie deswegen noch keinesweges als Analogon der Thierknochen betrachtet werden, weil sie sich in dieser Quantität nur bei einer ganz kleinen Anzahl von Pflanzen vorfindet, und die Menge des Tabascheers, einer im Bambusrohr vorkommenden Kieselerdeconcretion, hängt nicht von der Größe einer Pflanze, sondern von dem krankhaften Zustande ihrer Knoten ab, denn man findet die größte Menge in denjenigen, bei welchen der Knoten völlig desorganisirt ist. Bei den Pflanzen scheint demnach auch das Skelett lediglich aus organischen Substanzen zu bestehen.

Es scheint, daß die anorganischen Bestandtheile des Bodens nur dadurch auf die Vegetation einwirken, daß sie den Humus oder die anderen assimilirbaren Substanzen auf eine oder die andere, den verschiedenen Pflanzenindividualitäten entsprechende Weise in seiner chemischen Zusammensetzung, sei es vor oder nach ihrer Aufnahme in die Pflanze, verändern.

Feste und

Man unterscheidet in jeder Pflanze feste und flüssige Theile. Die festen Theile sind das Pflanzenskelett, welches aus Faserstoff besteht, und die festen Nahrungs- und Absonderungsstoffe, wie das Stärkmehl in allen Theilen der Pflanze, das Wachs im Blütenstaube, als Überzug der Blätter und mancher Früchte (Reif der Pflaumen, Trauben), das Harz in eigenen Lücken in allen Pflanzentheilen, in wenigen Pflanzen auch festes Fett, wie in den Cacaobohnen, Lorbeeren, Muskat- und Cocosnüssen, ferner die Kieselsäure, die Krystalle der unlöslichen Salze, wie der oxalsaure Kalk rc.

flüssige Bestandtheile der Pflanzen.

Die flüssigen Bestandtheile der Pflanzen oder die Säftemasse zerfällt in den flüssigen Inhalt der gewöhnlichen Zellen, aus welchem sich die festen Bestandtheile der Pflanze ablagern, und in den Inhalt besonderer Zellen und Gänge, welcher nicht zur Ernährung dient, sondern als solcher in den

Pflanzen abgelagert bleibt, bis er durch Zerreißung seiner Behälter einen Ausweg nach Außen findet, oder in den **Nahrungs-** oder **Zellsaft** und den **Absonderungssaft**.

Ersterer heißt in physiologischer Beziehung bei einem gewissen Grade der Metamorphose zur Assimilation, wenn er sich durch die Entstehung junger Zellen, Stärkmehl ꝛc. in eine schleimig-granulöse Masse verwandelt hat, **Bildungssaft** (Cambium) und vor dieser Umgestaltung **roher Nahrungssaft**.

Nahrungssaft der Pflanzen.

Der Nahrungssaft ist farblos und durchsichtig, trübt sich aber an der Luft und enthält Zucker, Gummi, Pflanzenschleim, Extraktiv-, Farb-, Bitter-, Gerb-, Eiweißstoff, freie Kohlen-, Essig-[1]) und Gerbsäure, doppeltkohlensauren Kalk, essigsaures Kali, saures, weinsaures, äpfel- und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, bisweilen auch salpetersaures Kali, phosphorsaure Kalk-, Magnesia- und Ammoniaksalze in Wasser aufgelöst. In den Baumsäften betragen die festen Theile 2 bis 21 auf 1000 Theile Wasser; so fand John im Frühjahr im Birkensaft 8,73 und Vauquelin im Safte der Weißbuche 2,11, in dem der Buche 20,919 und in dem der Ulme 10,67, Geiger im Rebensaft 5,3[2]).

In 1000 Theilen des im Mai abgezapften Ulmensaftes fand Vauquelin 1,02 vegetabilische Materie, 8,89 essigsaures Kali und 0,76 kohlensauren Kalk; im November abgezapft 0,13 vegetabilische Materie, 8,29 essigsaures Kali und 0,50 kohlensauren Kalk, nebst Spuren von schwefelsaurem Kali und Chlorkalium.

Nicht blos in verschiedenen Gewächsen, sondern auch in den verschiedenen Theilen eines und desselben Gewächses ist der Gehalt des Saftes an aufgelösten Stoffen verschieden. Unten im Stamme ist er wässeriger, als höher oben. Knight fand den Saft des Maulbeerbaumes von 1,004, 3½ Elle höher von 1,008 und 6 Ellen hoch von 1,012 specifischem Gewichte, ähnlich bei einer Birke.

Im Sommer ist der Saft wässeriger, als im Winter. Der Saft der Drupaceen ist besonders reich an Gummi. Der des Ahorns und der Birke enthält im Frühjahre so viel Zucker, daß man den abgezapften Saft zur Darstellung von Zucker verwendet. Im ersteren ist es gemeiner, im letzteren Krümelzucker. Vom April bis September enthält der (Nußbaum-) Saft keinen Zucker mehr.

Die Quantität des Saftes ist weit beträchtlicher in den jungen Theilen, wo die Vegetation am thätigsten ist, in den jungen Trieben, Blättern und Knospen, als im Holze, beträchtlicher in krautartigen, als in Baumgewächsen. Erstere bestehen gewöhnlich zu $^3/_4$, letztere zu $^1/_2$ ihrer Masse aus Wasser.

1) Nach Jordan (Scherer's Journ. V. 331) röthete jedoch der Saft der Birke und Hainbuche in ganz frischem Zustande blaue Pflanzenfarben nicht, sondern erst, nachdem er in einem offenen Gefäße an der Sonne gestanden.

2) Die Resultate von den Untersuchungen dieser Baumsäfte sind in Fechner's „Resultaten der bis jetzt unternommenen Pflanzenanalysen, Leipzig, Voß 1829" zusammengestellt.

Der Wassergehalt verschiedener Holzarten wurde von Schübler, Neuffer und Rumford ermittelt. Sie erhielten nachstehende Resultate:

Wassergehalt des Holzes.

	frisch gefällt	lufttrocken nach Rumford
Traubeneiche, Quercus Robur	34,7	16,64
Stieleiche, Quercus pedunculata	35,4	
Weiße Weide, Salix alba	50,6	
Buche, Fagus sylvatica	39,7	18,56
Ulme, Ulmus campestris	44,5	18,20
Heinbuche, Carpinus Betulus	18,6	
Lerche, Pinus Larix	48,6	
Kiefer, Pinus sylvestris	39,7	
Ahorn, Acer Pseudoplatanus	27,0	18,63
Esche, Fraxinus excelsior	28,7	
Birke, Betula alba	30,8	19,38
Vogelbeerbaum, Sorbus aucuparia	28,3	
Edeltanne, Pinus Abies	37,1	17,53
Rothtanne, Pinus picea	45,2	
Mehlbeerbaum, Crataegus torminalis	32,2	
Roßkastanie, Aesculus Hippocastanum	38,2	
Erle, Betula Alnus	41,6	
Linde, Tilia europaea	47,1	18,97
Schwarzpappel, Populus nigra	51,8	
Espe, Populus tremula	43,7	
Italien. Pappel, Populus italica	48,2	19,55
Saalweide, Salix caprea	60,0	

Der Wassergehalt ändert sich ferner nach der Jahreszeit, er nimmt gegen den Frühling wohl um 1/5 zu, im Winter aber ab.

Geschlagenes und gespaltenes Holz hat nach 1 Jahre noch 20—25 Procent Wasser, welches unter den günstigsten Umständen nicht unter 12—10 Procent fällt, eine Wassermenge, welche auch das künstlich getrocknete Holz an der Luft wieder annimmt. Auch nach 30jährigem Austrocknen hat es noch immer 10—15% Feuchtigkeit. Nach dem Gewichte hat feuchtes Holz 8/23 weniger Werth, als trockenes, dem Volum nach aber hat 1 Klafter grünes Holz und 1 Klafter lufttrockenes den nämlichen Werth für den Consumenten, welcher es erst vor dem Gebrauche trocken werden lassen kann.

Absonderungssaft der Pflanzen.

Den **Absonderungssaft** oder die sogenannten eigenthümlichen Säfte (succi proprii) kommen in zusammenhängenden durch die ganze Pflanze laufenden Lücken oder Höhlen (Secretionsbehältern), oder in den sogenannten Milchgefäßen vor, welche durch Erguß der Säfte aus den benachbarten Zellen, in welchen sie abgesondert wurden, durch Erweiterung von Intercellulargängen entstanden, oder werden in den Zellen, worin sie abgesondert wurden, auch zugleich aufbewahrt, wo diese dann **Drüsen** heißen. Sie sind zum Theil durchsichtig, zum Theil nicht und enthalten

Aschenanalysen von de Saussure.

Namen der Gewächse	Asche von 1000 Theilen der trockenen Pflanze	100 Theile Asche enthalten: Alkalien und Salze m. alkalischer Basis	Phosphors. Kalk und Bittererde	Metalloxyde (Eisen, Mangan)	Kohlensaure Erden	Kieselerde	100 Theile Asche geben an Wasser lösliche Salze ab
Blätter der Pappelbaums, Populus nigra, vom 12. Sept.	93	44	7	1,5	36	11,5	26
Stamm des Pappelbaums	8	50,5	16,75	1,5	27	3,3	26
Rinde desselben Holzes	72	29,2	5,3	1,5	60	4	6
Blätter des Haselnußstrauches, Coryllus Avellana, vom 1. Mai	61	50,7	23,3	1,5	2,2	2,5	26
Haselnußblätter vom 22. Juni	62	30	19,5	2	44,1	4	22,7
" " 20. Sept.	70	44	14	1,5	29	11,8	11
Geschälte Zweige	5	28	12	2	36	22	24,5
Rinde derselben	62	56,7	35	0,12	8	0,26	12,5
Holz von Morus nigra	7	41,38	2,25	0,26	56	0,12	21
Splint desselben Baumes	13	47,5	27,25	0,25	24	1	26
Rinde desselben Baumes	89	30,13	8,5	1,12	45	15,25	7
Bast der nämlichen Rinde	88	34,38	16,6	1	48	0,12	10
Holz der Weißbuche, Carpinus Betulus	6	48,63	23	2,25	26	0,12	22
Splint derselben	7	47	36	1	15	1	18
Rinde derselben	134	34,88	4,5	0,12	59	1,5	4,5
Roßkastanien	35	9,5	Die im Wasser unlöslichen Theile wurden nicht bestimmt.				
Blätter vom 10. Mai	72	50					
" " 23. Juli	84	24					
" " 27. Sept.	86	13,5					
Kastanienblüten	71	60					
Sonnenblumen vor der Blüte vom 25. Juni	147	79,67	6,7	0,12	11,56	1,5	63
" " " " " 23. Juli	137	79,78	6	0,12	12	1,5	61
" mit Samen	69,25	22,5	0,5	4	3,75		51,5
Fichtenblätter vom Jura vom 20. Juni	29	40,13	12,27	1,6	43,5	2,5	16
" von Kieselboden	29	34,5	12	5,5	29	19	15
Heidelbeeren von Kalkboden vom 20. August	26	36,38	18	3,12	42	0,5	17
" " Kieselboden	22	41,5	22	9,5	22	5	24

Aschenanalysen von Berthier.

Bestandtheile	Weißbuchenholz	Weißbuchenholzkohle	Rothbuchenholzkohle	Eichenholz	Eichenrinde	Lindenholz	Mahalebkirschenholz	Traubenhollunderholz	Holz v. cervis siliquastrum	Erlenholz	Tannenholz		Fichtenkohle	Weizenstroh	Rainfarrenkraut	Kartoffelkraut	Tabakwurzel
Procente der Asche		2,65	3,00	2,50	6,00	5,00	1,60	1,64	1,70			0,83	1,24	4,40		15,00	
100 Theile Asche halten in Wasser lösliche Bestandtheile	18,9	17,2	1,60	12,0	5,0	10,8	1,60	31,5	19,0	18,8	25,7	50,0	13,6	9,0	29,0	4,2	12,3
in Wasser nicht lösliche	81,1	78,9	82,0	88,0	95,0	89,2	84,0	68,5	81,0	81,2	74,3	50,0	86,4	81,0	71,0	95,8	87,7
100 lösliche Theile halten:																	
Kohlensäure		24,60	22,4	24,0	23,2	27,42	20,0	24,0	24,9	6,6	30,2	13,5	20,75	Spur	15,0	6,2	10,0
Schwefelsäure		7,25	7,3	8,1	6,0	7,53	6,0	6,4	3,1	0,3	3,1	6,9	12,00	2,0	5,6	23,0	10,3
Salzsäure		4,61	5,2	0,1	0,7	1,80	10,0	0,4	0,5		0,3	0	6,63	13,0	11,0	12,0	18,26
Kieselerde		1,00	1,0	0,2	0,8	1,61	1,0	0,2	1,0		1,0	2,0	1,33	35,0			
Kali		50,65	64,1 (Kali und Natron)	67,6	69,3	60,64	63,0	67,0	70,5		65,4	28,2	31,66	50,0 (Kali und Natron)	68,4	58,8	61,44
Natron		12,10										41,5	15,33				
Wasser												7,9					
100 nicht lösliche Theile halten:																	
Kohlensäure	33,2	29,20	32,9	39,6	38,5	39,8	34,0	31,4	34,0	31,0	23,0	21,5	36,0		25,3		
Phosphorsäure	10,0	8,80	5,7	0,8		2,8	6,3	8,3	7,5	7,7	4,2	1,8	1,0	1,2	8,0		
Kieselerde	5,0	3,90	5,8	3,8	1,1	2,0	1,8	3,2	2,4	5,0	8,0	13,0	4,6	75,0	21,8	38,0	
Kalk	38,6	42,70	42,6	54,8	50,1	51,8	48,8	49,2	46,0	50,2	39,8	27,2	42,3	5,8	42,8		
Bittererde	7,8	6,95	7,0	0,6	0,8	2,2	7,0	2,5	7,2	2,5	4,4	8,7	10,5		0,7		
Eisenoxyd	1,4	0,10	1,5			0,1	0,5	1,1	1,3	3,6	14,1	22,3	0,1	2,5	0,7		
Manganoxyd	3,4	6,95	4,5		7,4	0,6	0,8	1,8	0,7		6,0	5,5	0,4		0,7		
Kohle		1,40			2,1								4,8	7,5			
Koli														8,0			

Analysen von Holz- und Rindenaschen.

100 Theile enthalten:	Viscum album, auf Apfelbaum gewachsen	Linde, Holz	Linde, Rinde	Weinrebe	Weinrebe, Durchschnitt von 3 Analysen	Weinrebe, Durchschnitt von 6 Analysen	Cerasus avium, Holz	Cerasus avium, Rinde	Pyrus Amelanchier, Holz	Sorbus Aria, Holz	Apfelbaum, Holz	Ulmus campestris, Holz	Ulmus campestris, Rinde	Quercus Robur, Holz	Fagus sylvatica	Tannenholz	Pinus sylvestris	Derselbe, abgestorben	Pinus Larix
untersucht von	Will	L. Hoffmann		Grasso	Gruschauer	Walz	Engelmann		Erdmann (?)		Fresenius	Wrightson		Deninger	Böttinger	Levi	Böttinger	Dems.	Dems.
Kali	40,71	35,802	16,144	37,482	31,45	24,53	25,90	7,94	4,21	10,21	19,24	21,92	2,22	8,4	15,80	10,50	2,79	0,93	15,24
Natron	—	5,235	4,529	1,336	7,72	14,36	10,47	15,48	7,80	15,93	0,45	13,72	10,09	5,65	2,76	9,97	15,99	14,59	7,27
Kalk	22,37	29,930	60,811	34,344	32,66	13,56	35,78	44,67	76,64	53,90	63,60	47,80	72,70	75,45	60,35	46,15	30,36	33,99	25,85
Magnesia	11,06	8,035	4,147	1,055	6,65	5,76	11,47	5,43	5,10	9,02	7,46	7,71	3,19	4,49	11,28	13,46	19,76	20,00	24,50
Manganoxydoxydul	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,17	7,61	13,51
Eisenoxyd	—	7,975	1,237	—	0,19	—	0,07	0,21	0,44	0,60	—	—	—	0,57	—	3,26	—	7,73	—
Kohlensäure	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsäure	19,09	4,849	4,017	—	17,59	—	9,63	3,47	3,82	8,40	4,15	2,81	1,22	3,46	—	4,49	—	—	—
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,11	—	—	1,564	—	1,61	—	—	—	—	2,41	1,69	1,19	—	1,84	—	5,10	2,28	6,18
Phosphorsaurer Kalk	—	—	—	15,694	—	17,65	—	—	—	—	—	—	—	—	3,99	—	—	—	—
Schwefelsäure	1,62	5,305	0,748	—	—	—	4,11	0,86	—	—	0,93	1,28	0,62	1,16	—	3,08	—	—	—
Schwefelsaurer Kalk	—	—	—	—	4,23	1,80	—	—	1,46	1,62	—	—	—	—	2,30	—	3,31	5,05	2,91
Chlor	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	0,71	—	—	—
Chlorkalium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chlornatrium	1,17	1,491	2,288	1,614	0,60	0,32	—	0,66	—	—	0,45	—	—	—	0,21	—	1,48	2,52	0,92
Kieselerde	1,87	5,266	2,271	0,725	1,51	1,89	2,57	21,28	0,53	0,32	1,31	3,07	8,77	0,78	0,46	8,38	3,04	5,27	3,60
Sauerstoffgehalt der an Pflanzensäure gebundenen Basen	—	—	—	—	—	15,61	—	—	—	—	—	—	—	—	24,65	—	20,53	21,16	21,37
Aschenprocente	—	—	—	2,849	—	2,93	0,28	10,37	3,644	1,612	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Streumaterialien analysirt von Sprengel.

100 Gewichtstheile der unverbrannten Theile enthalten:	Roggenstroh	Buchenlaub	Eichenlaub	Lindenlaub	Tannennadeln	Kiefernadeln	Junges Heidekraut
Kieselerde	2,297	1,812	1,515	0,260	0,836	0,175	0,582
Kalkerde	0,178	3,458	2,307	4,786	1,290	0,504	0,518
Talkerde	0,012	0,407	0,183	0,500	0,078	0,129	0,164
Kali	0,032	0,048	0,001	1,552	0,440	0,297	0,094
Natron	0,011			0,198	0,196	0,264	0,200
Alaunerde	0,025	0,075	0,085	0,048	0,016	0,060	0,045
Mangan- und Eisenoxyd							
Manganoxyd		0,270	0,100	0,162	0,001	0,005	0,053
Eisenoxyd		0,056	0,024				0,090
Schwefelsäure	0,170	0,129	0,091	0,081	0,074	0,049	0,102
Phosphorsäure	0,051	0,440	0,190	0,680	0,192	0,240	0,015
Chlor	0,017	0,0	0,0	0,224	0,027	0,080	0,095
Summe d. Gewichtstheile	2,793	6,695	4,496	8,491	3,150	1,744	1,958

Destillation von einander trennen kann. Die Lerche liefert 18—25, die Strandkiefer 12 Procent Terpentinöl. Mehrere ätherisches Öl liefernde Pflanzen finden sich unter den krautartigen Gewächsen. Die Kalmuswurzel gibt 0,35, die Baldrianwurzel 0,9 Procent. Am häufigsten führen es die Wurzeln der Doldengewächse.

Wenige deutsche Holzarten enthalten Farbstoffe, das Holz des Berberitzenstrauchs liefert einen gelben, die Zweige der Heide einen pomeranzengelben Farbstoff, die Wurzeln von Comarum palustre, Asperula tinctoria, cynanchica und odorata und die von Galium boreale, mollugo, sylvaticum rc. einen rothen Farbstoff.

Aus 100 Theilen eines zolldicken lufttrockenen Astes der Weißtanne (Pinus picea) erhielt ich:

Wachs und Fett	0,222
Terpentin	0,277
In Weingeist lösliches Hartharz	0,660
In Weingeist und Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Chlornatrium	0,220
In kaltem Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Gummi, welcher beim Verbrennen 0,273 Asche hinterließ	0,951
In kochendem Wasser löslichen Extraktivstoff, welcher 0,194 Asche lieferte	0,833
Pektin	0,138
Faserstoff	74,699
Wasser	22,000

In 100 Theilen eines 5 Zoll dicken lufttrockenen Astes der Rothbuche fand ich:

Wachs und Fett	0,075
In Äther und Weingeist lösliches Harz	0,133
In Weingeist lösliches Harz	0,341
In Weingeist und Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Chlornatrium	0,791
In kaltem Wasser löslichen Extraktivstoff nebst Gummi, welcher beim Verbrennen 0,458 Asche hinterließ	1,412
In kochendem Wasser löslichen Extraktivstoff, welcher 0,250 Asche lieferte	0,677
Pektin	0,290
Faserstoff	78,281
Wasser	18,000

Im Faserstoff bleiben die im Wasser unlöslichen Salze zurück und werden durch verdünnte Salpetersäure aufgelöst, welche zugleich noch etwas organische Substanz mit auszieht. So entzog dieselbe dem durch Äther, Weingeist und Wasser erschöpften Faserstoff des Buchenholzes noch 1,250 % (vom Gewichte des angewendeten Holzes), welche aus 0,729 organischer und 0,521 anorganischer Substanz (Kalk, Eisen- und Manganverbindungen) bestanden.

In der Wurzel des Sauerdorns (Berberis vulgaris) fanden Buchner und Herberger:

Wachs	0,4
Fett	0,6
Harz	20,4
Berberin	17,6
Gummi	1,4
Stärke	Spuren
Äpfelsaure und phosphorsaure Salze	3,4
Holzfaser	31,2
Asche	2,6
Feuchtigkeit und Öl	22,0

Physische Eigenschaften des Holzes.

Die Farbe des Holzes ist entweder graulich und bräunlich weiß, gelblich, röthlich, rothbraun, braun, grünlich ꝛc. nach Holzart, Alter, Standort, Boden und Feuchtigkeit. Das jüngere Holz, besonders im freien, trockenen Stande ist heller als das ältere, in dichterem Stande und auf feuchteren Stellen gewachsene.

Nach dem Austrocknen in der Wärme ist das Holz ein Nichtleiter der Elektricität, leitet sie dagegen wieder, wenn es der Luft ausgesetzt Feuchtigkeit aus derselben anzieht, vermöge seiner Porosität und der darin befindlichen hygroskopischen Substanzen. Durch Überziehen des trockenen Holzes mit Firniß wird dies verhindert.

Specifisches Gewicht des Holzes.

Obgleich das Holz auf dem Wasser schwimmt, ist doch sein specifisches Gewicht größer als das des Wassers, da ein in den luftleeren Raum gebrachtes Stück Holz sogleich untersinkt. Die Ursache dieser scheinbaren Leichtigkeit liegt in der großen Zahl seiner mit Luft gefüllten Poren, woraus die Luft erst nach sehr langer Zeit durch Wasser verdrängt wird. Die specifischen Gewichte der bekannteren Holzarten sind folgende:

	im gewöhnlichen lufthaltigen Zustande	im wasser- und luftfreien Zustande nach Kopp
(Kork)	0,240	0,33
Pappel, gemeine	0,387	
Rothtanne	0,472	
Linde	0,499	1,13
Erle	0,500	
Kiefer, Pin. sylv.	0,550	
Roßkastanie	0,551	
Edeltanne, P. Abies	0,555	1,16
Ceder	0,561	
Lerche	0,563	
Ulme	0,568	
Cypresse	0,598	
Ahorn	0,645	
Eichen	0,650	1,27

	im gewöhnlichen lufthaltigen Zustande	im wasser- und luftfreien Zustande nach Kopp
Nußbaum	0,660	1,17
Esche	0,670	
Weißbuche	0,728	1,29
Birnbaum	0,732	1,23
Apfelbaum	0,733	1,20
Birke	0,738	
Weißdorn	0,871	
Zwetschke	—	1,22
Pflaume	0,872	1,23
Kiefer, frisch . . .	0,912	
Buchsbaum	0,942	
Mahagoniholz . . .	1,06	
Brasilienholz . . .	1,13	
Eichenholz, altes . .	1,170	
Ebenholz, schwarzes .	1,187	
„ grünes . .	1,210	
Holzfaser	1,500	

Vgl. auch unter „Bestimmung des Brennwerthes des Holzes."

Die specifischen Gewichte des nassen Holzes sind S. 411 angegeben.

Die Versuche von Chevandier und Wertheim ergaben folgende Resultate für das specifische Gewicht:

	Bei 20% Feuchtigkeit:	Coefficient der Verminderung des specifischen Gewichts für eine Feuchtigkeitsverminderung von 1%
Pappel . . .	0,477	0,00386
Tanne . . .	0,493	0,01026
Kiefer . . .	0,559	0,01056
Erle	0,601	0,00410
Espe	0,602	0,00230
Ahorn . . .	0,671	0,80363
Maulbeerbaum .	0,692	0,00423
Esche	0,697	0,00501
Acacie . . .	0,717	0,00555
Weißbuche . .	0,756	0,00743
Sommereiche .	0,808	0,00412
Birke . . .	0,812	0,00422
Rothbuche . .	0,823	0,00486
Steineiche . .	0,872	0,00427

Der Unterschied des specifischen Gewichtes des Holzes im frisch gefällten und lufttrockenen Zustande ergibt sich aus folgender Tabelle:

	Specifisches Gewicht: frisch gefällt	lufttrocken	Gewicht eines Wiener Kubikfußes nach Wiener Pfunden: frisch	halbtrocken	dürr
Traubeneiche, Quercus Robur	1,0754	0,7075			
Stieleiche, Quercus pedunculata	1,0494	0,6777	68,83	57,90	44,87
Weiße Weide, Salix alba .	0,9859	0,4873			
Buche, Fagus sylvatica .	0,9822	0,5907	64,89	49,89	38,90
Ulme, Ulmus campestris .	0,9476	0,5474	61,84	49,78	35,91
Hainbuche, Carpinus Betulus	0,9452	0,7695	61,92	55,87	50,91
Lerchenbaum, Pinus Larix	0,9205	0,4735			
Kiefer oder Fichte, Pinus sylvestris	0,9121	0,5502	56,54	43,86	30,89
Ahorn, Acer Pseudoplatanus	0,9036	0,6592	59,87	49,89	43,41
Esche, Fraxinus excelsior .	0,9036	0,6440	59,87	49,83	42,39
Birke, Betula alba . . .	0,9012	0,6274	58,86	49,95	40,93
Vogelbeerbaum, Sorbus aucuparia	0,8993	0,6440			
Edeltanne, Pinus Abies .	0,8941	0,5550	58,86	47,86	35,91
Rothtanne, Pinus picea .	0,8699	0,4716			
Mehlbeerbaum, Crataegus torminalis	0,8633	0,5910			
Roßkastanie, Aesculus Hippocast.	0,8614	0,5794			
Erle, Betula Alnus . . .	0,8571	0,5001	55,87	42,90	29,93
Linde, Tilia europaea . .	0,8170	0,4390	53,89	39,91	28,92
Schwarzpappel, Populus nigra	0,7795	0,3656			
Espe, Populus tremula .	0,7654	0,4302	49,89	37,94	25,93
Italien. Pappel, Populus italica	0,7634	0,3931			
Saalweide, Salix caprea .	0,7155	0,5289	47,69	39,95	34,82

Bei 118° C. getrocknet (gebacken) hat das Holz im Durchschnitte ein specifisches Gewicht von 1,49 bis 1,50. An der Luft zieht es indeß wieder so viel Wasser an, als es im lufttrockenen Zustande besaß.

Das specifische Gewicht ändert sich nicht allein bei verschiedenen Holzarten, sondern auch bei einem und demselben Holze nach den verschiedenen Theilen des Baumes, nach Witterung, Jahreszeit und Standort. Revierförster Berner hat diese Abweichungen genauer am Buchenholze studirt. Er gibt hierüber Folgendes an:

Alles Buchenholz, sowohl das ganz frische, als das ganz dürre besitzt im oberen Stammtheile und dem Astraume ein größeres Gewicht, als im Stammende, d. h. einige Fuß über dem Wurzelstocke. Der Gewichtsunterschied zwischen gleichen Holzmassen ist aber um so bedeutender, je älter und dicker die Bäume werden, und namentlich haben alle Bäume und Baumtheile ziemlich in dem Verhältnisse, in dem sie einen größeren Durchmesser besitzen, ein leichteres Holz.

Das specifische Gewicht richtet sich ferner nach Standort und Jahreszeit. Bei sonst gleichen Umständen, d. h. gleichem Alter und Dicke ist alles in lichtem, trockenem und sonnigen Standort gewachsene Buchenholz schon grün oder frisch merklich schwerer als das in dichtem Schlusse und schattigen Stellen aufgewachsene. Das auf hohen Bergen und magerem Boden, also langsamer gewachsene ist schwerer, als schnell gewachsenes. Vom November bis März ändert sich das Gewicht des Buchenholzes nicht, aber vom März bis zum Ausbruche des Laubes steigt sein Gewicht merklich, nimmt aber gleichen Schrittes mit der Vollendung der Belaubung allmälig wieder so weit ab, daß es Ende Mai und Juni und weiterhin wahrscheinlich nicht schwerer ist, als im Winter. In der letzten Zeit vor dem Laubausbruche wird der Unterschied des specifischen Gewichtes in den verschiedenen Theilen des Baumes merklich kleiner.

Die Gewichtsunterschiede steigen und fallen an einem und demselben Stamme nie ganz regelmäßig, sondern in mancherlei Sprüngen.

Gewichte eines Casseler Kubikfußes von 95—110jährigem Buchenholze auf Sandsteinboden bei etwa 1200 Fuß abs. Höhe im Hochwaldschlusse und in ebenen, oder auch westlichen und nördlichen Lagen, zu 12—16 Zoll Durchmesser und 80—100 Fuß Scheitelhöhe, — erwachsen, ferner in Rundstücken sammt der Rinde sogleich nach dem Fällen gemessen, berechnet und gewogen, späterhin aber aufgespalten und an der Luft getrocknet. Die Gewichtszahlen bezeichnen Cölner Pfunde.

Höhe über dem Boden in Fußen	Im December gefällt und grün gewogen	Auf gleichem Standorte				Ein 110jähriger, 22" dicker Randbaum auf Basaltboden, im Febr. frisch gewogen
		Im April gefällt und grün gewogen	Am 1. Mai im Laub gefällt und grün gewogen	Der letzte Stamm bis Ende August in der Luft getrocknet	Einige St. nach 8 Tagen in der Sonne gedörrt	
6	49,3	45,5	50	40,8	—	46,4
12	48,8	45,4	49,6	39,9	—	47,1
18	49,6	46,7	49,5	40,6	38,5	48,4
24	51	45,6	48,3	38,8	—	49,4
30	52,4	44,2	50,5	39,5	—	51
36	52,9	47	48,9	37,9	—	52,5
42	52,9	45,5	50,8	39,1	—	—
48	53,6	47,5	50,1	38,6	—	54,5
54	53,9	46,8	50,1	39,6	—	—
60	53,8	fehlt	52,2	42,1	41,5	—
66	55,1	44,5	53,2	43,2	42,5	—
72	—	45,7	52,5	42,2	—	—
—	—	45,3	—	—	—	—
—	—	47	—	—	—	—
Mittel	52,1	45,9	50,5	40,2	—	49,9

Die Espe besitzt unter einer großen Anzahl Laubhölzern die bemerkbarste Gewichtszunahme nach Oben und zwar wie 29 : 33 und mehr. Die einheimischen Nadelhölzer fand Oberforstmeister Gall ebenfalls nach Oben im Gewichte zunehmend, besonders die Weißtanne und Fichte[1]).

1) Nach Chevandier ist bei trockenem Laubholz die Schwere am bedeutendsten beim Stammholz, weniger bedeutend beim Stangenholz und am geringsten beim

Die Dichtigkeit des Holzes ergibt sich einestheils aus der Structur, wenn sich die Holzfasern durch ihre Feinheit und vollkommene Verbindung untereinander und durch vollständige Raumerfüllung auszeichnen, wie das Holz von Birnen, Elsbeere, Ahorn, Weißdorn, Eiben, anderntheils aus der Dichtigkeit der Holzfaser selbst. In dieser Beziehung zeichnet sich unter den inländischen Holzarten das Eichenholz aus. Sehr dicht sind: Eibe, Hainbuche, Apfel, Elzbeere, Cornelkirsche; mittelmäßig dicht: Eiche, Buche, Ulme, Ahorn, Esche, Birke; nicht dicht: Nadelhölzer, Pappeln, Weiden, Linden, Erlen. Da die Dichtigkeit mit dem specifischen Gewichte zusammenhängt, so sind Splint, junges Holz und Holz von nassem Boden weniger dicht, als anderes.

Dichtigkeit des Holzes.

Die Dichtigkeit vermindert sich im Allgemeinen mit der Austrocknung und proportional derselben. Bezeichnet man mit d und d' die Dichtigkeiten bei den Feuchtigkeitsgraden h und h', wobei h größer sein soll als h'; mit c den Coefficienten der Dichtigkeitsveränderung für einen Wasserverlust von 1% und mit H die Differenz $h - h'$, so erhält man $d' = d\,(1 - cH)$.

Mit dem specifischen Gewichte steht ferner auch die Härte in geradem Verhältnisse. Sehr hart ist daher die Buche, hart die Eiche, mittelmäßig hart die Birke und Esche, weich die Nadelhölzer und die Linde, am härtesten sind an einem und demselben Holze die knotigen Stellen, weil daran die Fasern am meisten gedrängt sind.

Härte.

Die Festigkeit des Holzes besteht in der Kraft, womit es einer auf seine Zerreißung oder Zerbrechung wirkenden Gewalt widersteht. Der darauf angebrachte Druck wirkt entweder auf die Mitte eines an beiden Enden unterstützten Holzstückes, oder senkrecht auf ein senkrecht stehendes Stück Holz als Säule, oder spiralförmig über die Oberfläche, wie bei Mühlwellen. Man bestimmt die einwirkende Kraft durch angebrachte Gewichte. Metalle lassen sich nach allen Richtungen, das Holz aber nur nach den Längsfasern zerreißen, wohl aber in horizontaler Richtung zerbrechen.

Festigkeit.

Muschenbroek verschaffte sich von dem zu prüfenden Holze vierseitige Stäbe von $^{27}/_{100}$ Zoll Durchschnitt im Quadrat, hängte sie an einem Ende auf, befestigte an das abwärts hängende Ende eine Wagschale, in welche er so lange Gewichte legte, bis das Stäbchen zerriß.

Die Festigkeit gewisser Holzarten ist sehr bedeutend, indem eine Stange von Buchen-, Eichen- oder Eschenholz ein fast ebenso schweres Gewicht, ohne zu zerreißen, trägt, als eine Stange Silber von gleichem Durchmesser.

Astholz. Beim Nadelholz dagegen findet fast das umgekehrte Verhältniß statt. Hier ist das Stangenholz das schwerste und das Astholz schwerer als das Stammholz. Das Laubholz erleidet nämlich beim Älterwerden Veränderungen, die denen des Nadelholzes entgegengesetzt sind. Beim ersteren verstopfen sich die Zwischenräume der Holzfasern, während sie sich beim letzteren entleeren, die darin enthaltenen Harzstoffe verlieren.

Die Festigkeit wächst fast in allen Fällen mit der Verminderung des Wassers und zwar in einem ziemlich starken Verhältniß, doch ist letzteres zu veränderlich, um es in einen bestimmten Ausdruck fassen zu können. Wird das Holz künstlich bis auf 10% Wasser ausgetrocknet, so bricht es so leicht, daß sich keine genauen Versuche über seine Festigkeit anstellen lassen.

Muschenbroek hat auf die oben angegebene Weise gefunden, daß Stäbe nachstehender Hölzer zerreißen durch folgende Gewichte:

Buchenholz	durch	ein	Gewicht	von	1250	Pfund
Eschenholz	"	"	"	"	1250	"
Eichenholz	"	"	"	"	1150	"
Linden- und Erlenholz	"	"	"	"	1000	"
Ulmenholz	"	"	"	"	900	"
Föhrenholz	"	"	"	"	700	"
Tannenholz	"	"	"	"	6—650	"
Fichtenholz	"	"	"	"	5—650	"

Leslie gibt in seinen Elements of Natural-Philosophy folgende Resultate seiner Untersuchungen über die Festigkeit des Holzes, und zwar in der ersten Columne nachstehender Tabelle, nach angehängten Gewichten, in der zweiten nach der Länge in englischen Fußen an, in welcher ein einen Quadratzoll dicker Stab durch seine eigene Schwere zerreißen würde. Die dritte Columne drückt die Elasticität des Holzes durch die auf Längentheile bezüglichen Zahleneinheiten aus:

	Festigkeit in		Elasticität
	Pfunden	Fußen	
Esche	14130	42080	4617000
Teckholz (indianische Eiche) .	12915	36049	6040000
Rothtanne, norwegische . .	12346	55500	8118000
Lerche	12240	42160	5096000
Buche	12225	38940	4180000
Eiche, gemeine	11880	32900	4150000
Ulme	9720	39050	5680000
Ahorn	9630	35800	3860000
Kiefer von Memel in Rußland	9540	40500	8292000

Tredgold gibt[1]) folgende Tabelle:

	Festigkeit in	
	Pfunden	Fußen
Stahl	29000000 bis 30000000	8675000
Schmiedeeisen . .	24920000	7550000
Gußeisen . . .	18400000	5750000
Schiefer von Wallis	15800000	13240000
Weißer Marmor .	2520000	2150000
Rothtanne . . .	2016000	8330000
Weißtanne . . .	1830000	8970000
Eiche	1700000	4730000
Esche	1640000	4790000
Fichte oder Kiefer .	1600000	8700000
Mahagoni . . .	1596000	6570000
Buche	1340000	4600000
Ulme	1340000	4680000
Lerche	1074000	4415000
Fischbein . . .	820000	1415000
Blei	720000	146000

Nach den Zerreißungsversuchen von Chevandier und Wertheim ergeben sich folgende Zahlen für die Festigkeit der Hölzer:

Acacie	7,93
Espe	7,20
Ulme	6,99
Esche	6,78
Sommereiche	6,49
Maulbeerbaum	6,16
Steineiche	5,66
Erle	4,54
Birke	4,30
Tanne	4,18
Ahorn	3,58
Rothbuche	3,57
Weißbuche	2,99
Kiefer	2,48
Pappel	1,97

Widerstand des Holzes gegen Torsion.

Für die Widerstandsfähigkeit, welche die Materialien äußern, wenn sie durch eine Kraft *gewunden* werden sollen, etwa wie bei (Windwidden) Mühlwellen die auf das Rad gerichtete drehende Kraft auf die Masse der an den Enden unbeweglich gemachten Welle wirkt und endlich das

1) Practical Essay on the strength of cast Iron. London 1824.

Zertheilen derselben veranlassen würde, fand Bevan[1]) folgende Zahlen der Pfunde:

Buchsbaum, alt und sehr trocken	30000
Acacie, nicht ganz trocken	28293
Hainbuche (Weißbuche) nicht vollkommen trocken	26411
Ahorn (Lenne) zum Theil gegen- oder querfaserig	23947
„ gemeiner	22900
Kirschbaum	22800
Roßkastanie	22205
Buche, gemeine	21243
Apfelbaum	20397
Esche	20300
Eiche, englische	20000
Kastanie, süße	18360
Birnbaum	18115
Birke	17250
Eiche, Danziger	16500
Erle, quer- oder gegenfaserig	16221
Fichte von Memel	15000
Eiche, im Moorgrund gefunden	14500
Eberesche oder Vogelbeerbaum	13339
Föhre (Weißföhre)	13700
Fichte von Petersburg	13000
Eiche, Hamburger	12000
Fichte, eine andere Petersburger	10500

Berechnung der Festigkeit eines gegebenen Holzstückes.

Soll nach diesen Zusammenstellungen die Festigkeit eines Holzstückes, z. B. einer Stange, berechnet werden, so ist vor Allem der Quadratinhalt ihrer Durchschnittsfläche zu ermitteln. Diese sei z. B. bei einer Stange von Eschenholz = 24 □″, so verhält sich die in Muschenbroek's Versuchen angenommene Durchschnittsfläche von 0,0729 □″ zum Zerreißungsgewichte des Eschenholzes nach Muschenbroek: 1250 = 24 : x und $x = \frac{1250 \,.\, 24}{0{,}0729} = 41152{,}26$ Pfund. Soll bei demselben Holze für eine gegebene Last z. B. = 20000 Pfund, die nöthige Stärke des Holzes berechnet werden, so ist 1250 : 0,0729 = 20000 : x und $x = \frac{0{,}729 \,.\, 20000}{1250} = 1{,}166$ □″ d. h. bei dieser Stärke würde die Stange zerreißen, sie muß also eine noch 1mal oder 2mal so starke Durchschnittsfläche erhalten.

Tragkraft des Holzes in verticaler Richtung.

Für den Fall, wo Holz als Bauholz in senkrechter Stellung verwendet wird, gelten für dessen Tragkraft folgende Sätze:

1) Hölzer von gleicher Länge, aber ungleicher Dicke, tragen Gewichte, die sich verhalten wie das doppelte Quadrat ihrer Dicke.

---

1) Philos. Transact. I. 1829.

2) Hölzerne Ständer tragen weniger, im Verhältniß des umgekehrten Quadrats ihrer Länge. Ein 4mal längerer trägt 16mal weniger. Also je kürzer und dicker der Stamm, um so mehr vermag er zu tragen. Er trägt mehr, wenn die Kante höher, als breit ist.

Tragkraft des Holzes in horizontaler Richtung.

Um Hölzer auf den Widerstand zu prüfen, welchen sie einer Kraft leisten, die den Bruch durch Wirbelbewegung der sich trennenden Theile bewirkt, legt man vierkantige Hölzer mit ihren Enden auf Unterlagen und beschwert dann den hohlliegenden Theil so lange mit Gewichten, bis der Bruch erfolgt. Wenn die Festigkeit des Eichenholzes = 1 ist, so ist nach Muschenbroek die vom

Buchenholz	=	1,177
Erlenholz	=	1,000
Ulmenholz	=	0,916
Fichtenholz	=	0,823
Tannenholz	=	0,760

Die Festigkeit der Hölzer steht daher nicht immer im geraden, sondern oft im umgekehrten Verhältnisse mit dem specifischen Gewichte.

Zähigkeit.

Unter Zähigkeit des Holzes versteht man die Eigenschaft desselben, sich, ohne zu zerbrechen, hin und her biegen und drehen zu lassen. Sie ist bei jeder Holzart verschieden. Junge, weiche, grüne Hölzer sind biegsamer, als harte, alte, trockene. Hölzer aus nassem Boden sind Anfangs zähe, trocken aber zerbrechlicher. Durch Aufweichen im Wasser und Erwärmen wird die Zähigkeit des Holzes sehr erhöht. Im Allgemeinen ist z. B. die Ulme zähe, weniger die Birke und brüchig die Erle und Pappel. Nach Pfeil ist das Verhältniß

der starken Hölzer		der schwachen Hölzer	
Ulme	1,00	Bandweide	1,00
Hainbuche	0,80	Hasel	0,95
Lerche	0,80	Birke	0,90
Eiche	0,77	Eiche	0,85
Weide	0,75		
Föhre und Fichte	0,65		

Elasticität.

Die Elasticität des Holzes oder sein Vermögen, die veränderte Lage seiner Theile durch eigene Kraft wieder einzunehmen, ermittelt man, indem man den zu prüfenden Balken mit dem einen Ende in horizontaler Lage in einer Mauer befestigt, das freie Ende mit Gewichten belastet und den Winkel mißt, bis zu welchem er hinabgezogen wird. Je tiefer sich der Balken hinabziehen läßt, ohne zu brechen, desto zäher; je vollkommener er nach Wegnahme des Gewichts in seine vorige Lage zurückkehrt, um so elastischer ist sein Holz.

Im Herbste und Winter (aber im ungefrorenen Zustande) und in der Jugend sind die Holzarten gewöhnlich elastischer, als in der Saftzeit und im höheren Alter, und überhaupt im trockenen Zustande elastischer, als im frischen. Pfeil gibt für die Elasticität der Hölzer folgende Verhältnisse:

Ulme	1,00
Lerche	0,95
Fichte	0,95
Tanne	0,86
Kiefer	0,86
Esche	0,86
Espe	0,70
Buche	0,70
Schwarzpappel	0,60
Eiche	0,47
Weide	0,38

Chevandier und Wertheim geben nachstehende Zahlen für die Grenze der Elasticität:

Acacie	3,188
Espe	3,082
Ahorn	2,715
Steineiche	2,349
Rothbuche	2,317
Maulbeerbaum	2,303
Tanne	2,153
Esche	2,029
Ulme	1,842
Erle	1,809
Kiefer	1,633
Birke	1,617
Pappel	1,484
Weißbuche	1,282

Spaltigkeit des Holzes.

Die Spaltigkeit des Holzes besteht in der Eigenschaft, bei Einwirkung eines Keils auf die Grundfläche, sich der Länge nach zu trennen. Es läßt sich um so leichter spalten, je weniger dicht das Gefüge überhaupt und je stärker die Elasticität und Festigkeit der Holzfasern ist im Verhältnisse zu ihrem seitlichen Zusammenhange. Daher ist zähes, nicht elastisches Holz schwer spaltbar, und verdorbenes Holz, bei dem die Festigkeit der Holzfasern sehr geschwächt ist, bricht oft, statt zu spalten, seitwärts aus.

Gutspaltig sind: Nadelhölzer, Rothbuche, Erle und Eiche.

Mittelmäßig: Hainbuche, Ahorn, Esche, Espe und Birke.

Schlecht: Ulme, besonders die glatte, Schwarzpappel rc.

Dauer.

Die Dauer des Holzes oder der Widerstand gegen die auf seine Zerstörung wirkenden Einflüsse ist ebenfalls verschieden nach Holzart, Alter, Standort und der Art dieser Einflüsse. Luft und Feuchtigkeit, welche selbst aus der Luft vom Holze begierig aufgesogen wird, sind hierbei am thätigsten und das Holz ist um so dauerhafter, je vollkommener es gegen diese Einflüsse geschützt wird, denn es tritt mit dem Aufhören der Lebenskraft unter die Gesetze der zerstörenden chemischen Verwandtschaft, es unterliegt

der Fäulniß und Verwesung, der Saft kommt ins Stocken, es verliert Härte, Festigkeit und Zähe, Schwämme setzen sich an und verschiedene Insekten vollenden die Zerstörung.

Einige Holzarten sind besonders dauerhaft im Freien, andere im Wasser und wieder andere im Trocknen. Das Splintholz ist weniger dauerhaft, als Kern- und junges Holz, und letzteres weniger dauerhaft, als Kernholz. Reifes Holz und das von mittlerem Alter ist dauerhafter, als das ganz alte oder junge. Langsam und an freien, trockenen Standörtern erwachsenes ist dauerhafter, als das unter entgegengesetzten Verhältnissen aufgewachsene. Im Trocknen befindliches Holz ist um so dauerhafter, je vollkommener es von seinen Safttheilen befreit wurde. Das Holz wird um so leichter zerstört, je öfter Nässe und Luft abwechselnd darauf einwirken. Harzige Holzarten sind unter sonst gleichen Umständen dauerhafter, als gleich weiche Hölzer mit schleimigen Säften. Im Safte gehauenes und sogleich entrindetes und ausgetrocknetes Holz, besonders der Splint, scheinen vorzugsweise an Dauer zu gewinnen. Grünes Holz sogleich mit Ölfarbe angestrichen, fault daher frühzeitig.

Die Dauer der Hölzer in der Erde hängt vom Boden ab, sie ist am größten im Thon und am geringsten im Sande und Humusboden, da letztere wegen ihrer Porosität den Einfluß der Luft unter Mitwirkung von Feuchtigkeit am meisten begünstigen. In trockenem Boden verhält es sich daher wie in freier Luft, in nassem Boden wie in steter Nässe. Pfeil gibt über die Dauer der Hölzer folgende Verhältnißzahlen an:

Holzarten	In abwechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit beim freien Luftzuge	In steter Nässe	In steter Trockenheit	Bemerkungen
	Verhältnißzahlen			
Eichen, splintrein	100	100	100	Eichen dauern im Trocknen 300, Tannen 4—500, Lerche 500 Jahre, im Nassen die Eiche [1]), Erle und Lerche ewig, Fichten nur halb so lange als Eichen im Trocknen [2]). Eine niedere Wasserschicht indessen durchdringt der Sauerstoff der Luft und zerstört das Holz.
Ulmen	90—100	90	100	
Kiefern, alte, harzige	85	100	90	
Lerchen, ausgewachsene	85	80	95	
Bergfichten, alte	75	—	—	
Eschen	64	—	—	
Kiefern, 80—100 Jahr alt	60	80	60	
Buche, Ahorn und Hainbuche	60	70	40	
Fichten, 80—100 Jahr alt aus der Ebene	50—60	50	75	
Espe	50	—	95	
Erle	40	100	38	
Birke	40	—	38	
Pappel und Linde	30	—	60—70	
Weide	30	—	60—70	

1) Einer der Pfähle, welche den Grund der alten Brücke zu Lancaster bilden, wurde vor kurzer Zeit herausgenommen und war noch ganz frisch, obgleich er wenigstens 900 Jahre im Wasser gestanden hatte (Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. 1839. S. 428).

2) Kürzlich wurden in der Linné'schen Societät zu London Stücke Holz vorgelegt aus dem von den Spaniern im Jahre 1750 erbauten Linienschiffe Gibraltar.

Wasseranziehungsfähigkeit, Schwinden und Austrocknen des Holzes.

Die Wasseranziehungsfähigkeit beruht zum größten Theile auf chemischer Verwandtschaft. Sowohl der vertrocknete Saft, als die Holzfasern, ziehen Wasser aus der Luft an. (Vgl. S. 401.) Letztere quellen dadurch auf und vergrößern das Volum des Holzkörpers, der nach dem Verluste der Feuchtigkeit in gleichem Verhältnisse wieder eintrocknet (schwindet), seine Form verändert (sich wirft) und stellenweise sogar aufreißt. Dieses Eintrocknen dauert so lange, bis sich die im Holze zurückgebliebene Wassermenge mit dem Feuchtigkeitszustand der Luft ins Gleichgewicht gesetzt hat. Das Schwinden richtet sich also nach dem Wassergehalt des Holzes und nach dem Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, weshalb es kein genaues Schwindemaß geben kann. Das Quellen und Schwinden ist übrigens im Allgemeinen stärker bei harten und schweren Holzarten, als bei weichen, sie reißen und werfen sich leichter als letztere und zwar vermindern erstere ihr Volum überhaupt aus dem grünen Zustande bis in den trockenen etwa um 12, und bis in den gedörrten um 18%, während die weichsten Holzarten nur 5—6% verlieren.

Aus den Versuchen von Weisbach ergaben sich folgende Resultate für das Anschwellen und die Wassereinsaugung des Holzes:

Das Anschwellen des Holzes, wenn es in Wasser gelegt wird, erfolgt innerhalb der ersten zwei Monate. Nach dieser Zeit erleidet das Volum keine bedeutende Veränderung mehr. Das Einsaugen des Wassers und die daraus entspringende Gewichtsvermehrung dauert jedoch viel längere Zeit, wenigstens erst nach 6 Monaten wird diese Zunahme unmerklich. Das Maximum des Einsaugens und das des Anschwellens verhalten sich mehrere Jahre lang ziemlich unverändert und muthmaßlich so lange, als eine innere Veränderung, z. B. Fäulniß des Holzes, nicht vorgeht. Das nach mehrjährigem Liegen im Wasser mit diesem geschwängerte Holz nimmt bei späterem Trocknen so ziemlich das erste Volum und Gewicht wieder an.

Die weiteren speciellen Resultate sind in folgender Tabelle enthalten:

Das dazu verwendete Holz war von der Pechtanne (Pinus picea) und westindischen Ceder (Cedrela odorata) und zeigte sich so gesund, wie frisch gefälltes Holz (Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. 1838. S. 128).

Tabelle über die Wasseranziehungsfähigkeit des Holzes.

Holzarten	Trocken			Ein Achteljahr im Wasser			Vier Achteljahr im Wasser			9, 16 und 25 Achteljahre im Wasser			Zunehmen nach 1—3jährigem Liegen im Wasser		
	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Grammen	Specifisches Gewicht	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Grammen	Specifisches Gewicht	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Grammen	Specifisches Gewicht	Volumen in Kubikcentimetern	Gewicht in Grammen	Specifisches Gewicht	Volumenzunahme in %	Gewichtszunahme in %	Zunahme des specifischen Gewichts
Ahorn 1	255	175	0,686	279	292	1,047	279	325	1,166	279	327	1,172	9,4	87	71
Ahorn 2	632	413	0,653	673	714	1,061	673	772	1,147	677	772	1,140	7,1	87	75
Apfelbaum	396	267	0,674	434	425	0,979	437	476	1,089	439	496	1,130	10,9	86	68
Aspe 1	613	356	0,581	643	531	0,826	644	592	0,919	645	633	0,981	5,2	78	69
Aspe 2	611	404	0,661	660	622	0,942	660	731	1,107	660	728	1,103	8,0	80	67
Birke 1	528	312	0,591	563	552	0,977	563	611	1,085	565	616	1,090	7,0	97	85
Birke 2	623	388	0,623	673	612	0,910	671	717	1,068	678	740	1,091	8,8	91	75
Birnbaum	301	195	0,648	324	314	0,970	325	368	1,132	327	373	1,141	8,6	91	76
Rothbuche 1	656	416	0,634	715	650	0,909	716	794	1,109	718	829	1,155	9,5	99	82
Rothbuche 2	610	465	0,762	676	663	0,981	676	779	1,153	676	797	1,179	10,8	71	55
Rothbuche 3	647	428	0,661	710	655	0,922	715	836	1,169	718	836	1,164	11,0	95	76
Rothbuche 4	1162	828	0,730	1282	1270	0,990	1287	1488	1,156	1293	1514	1,117	11,3	79	53
Rothbuche 5	2901	2060	0,710	3173	3370	1,062	3241	3526	1,088	3246	3446	1,062	11,8	67	50
Rothbuche 6	3274	2310	0,706	3594	3502	0,975	3610	3803	1,053	3632	3760	1,035	10,9	63	41
Weißbuche	551	436	0,781	617	677	1,097	617	693	1,123	622	699	1,124	12,9	60	44
Eiche 1	1248	936	0,750	1316	1238	0,941	1322	1385	1,048	1338	1496	1,118	7,2	60	49
Eiche 2	380	239	0,629	406	357	0,879	406	420	1,035	418	458	1,117	7,9	91	78
Eiche 3	315	215	0,682	335	312	0,931	335	371	1,108	338	396	1,171	7,3	84	72
Eiche 4	624	403	0,646	654	579	0,885	650	709	1,079	658	768	1,167	5,5	91	81
Eiche 5	2655	1843	0,694	2755	2246	0,816	2803	2629	0,939	2815	2956	1,050	6,0	60	51
Erle 1	426	180	0,423	453	349	0,770	455	463	1,022	455	473	1,040	6,8	163	146
Erle 2	603	303	0,503	634	560	0,883	631	699	1,101	638	715	1,121	5,8	136	123
Esche	620	433	0,700	664	606	0,911	664	697	1,050	666	736	0,105	7,5	70	58
Fichte 1	1230	541	0,440	1295	781	0,603	1295	959	0,741	1300	1050	0,808	5,7	94	84
Fichte 2	1250	470	0,376	1311	720	0,549	1311	927	1,707	1314	1082	0,823	5,1	130	119
Fichte 3	2122	844	0,398	2266	1238	0,546	2266	1581	1,698	2269	1803	0,794	5,2	114	100
Fichte 4	1521	614	0,402	1614	887	0,550	1614	1152	1,714	1614	1386	0,859	6,1	126	113
Fichte 5	3118	1462	0,469	3284	2021	0,616	3303	2389	1,723	3303	2522	0,761	5,9	73	62
Fichte 6, halbtrocken	2563	1388	0,541	2628	1691	0,643	2618	1991	1,765	2619	2198	0,839	2,2	58	55
Fichte 7, frisch	2624	2082	0,794	2643	2380	0,900	2633	2489	1,945	2635	2556	0,970	0,4	23	22
Kiefer	374	173	0,463	387	282	0,729	389	321	1,825	392	349	0,890	4,8	102	92
Kirsche	1954	1127	0,577	2105	1781	0,846	2124	1986	1,935	2137	2123	1,993	9,4	88	72
Leinbaum	2683	1643	0,612	2861	2754	0,963	2944	3224	1,095	2946	3236	1,098	9,8	97	79
Linde	328	193	0,588	363	343	0,945	364	390	1,071	365	411	1,126	11,3	113	91
Pappel	821	290	0,353	884	804	0,910	889	912	1,026	891	910	0,021	8,5	214	189
Tanne 1	1238	612	0,494	1275	907	0,704	1275	1032	0,809	1283	1121	0,874	3,6	83	77
Tanne 2	2602	1313	0,505	2809	1925	0,685	2809	2249	0,801	2824	2553	1,904	7,2	94	79
Ulme	629	383	0,009	680	650	0,956	690	726	1,051	690	775	1,123	9,7	102	84

So verschieden auch die in dieser Tabelle enthaltenen Beobachtungsresultate sind, so lassen sich doch einige allgemeine Verhältnisse daraus entnehmen. Nur einige Hölzer, wie die Pappel und Erle und nächst dem noch einige Fichtenhölzer, wovon das eine nur halb trocken und das andere ganz frisch ins Wasser gelegt wurde, weichen in ihren Wassereinsaugungsverhältnissen von den übrigen bedeutend ab. Es lassen sich zwei Hauptgruppen, nämlich die der Laub- und die der Nadelhölzer bilden, weil die Gewichte derselben bei einem vollkommen mit Wasser geschwängerten Zustande beträchtlich von einander abweichen. Während das mittlere specifische Gewicht der mit Wasser gesättigten Laubhölzer 1,11 ist, beträgt das der Nadelhölzer nur 0,84.

Holzarten	Specifisches Gewicht		Zunahme in Procenten		
	trocken	naß	des Volums	des absoluten Gewichts	des specifischen Gewichts
Laubholz	0,659	1,110	8,8	83	69
Nadelholz	0,453	0,839	5,5	102	94
Eichenholz	0,680	1,125	6,8	77	66
Rothbuchenholz	0,700	1,119	10,9	79	60
Pappelholz	0,353	1,021	8,5	214	189

Das Laubholz schwillt also stärker an, als Nadelholz. Am meisten unter den hier untersuchten Hölzern nimmt aber das Pappelholz auf, welches dabei sein specifisches Gewicht fast verdreifacht. Diese Resultate stimmen nahe mit denen von Laves überein. Dieser fand z. B. das ganz mit Wasser gesättigte Eichenholz um 73 Procent schwerer, als im trockenen Zustande, während Weisbach's Tabelle 77% angibt. Nach Laves[1]) wäre die ganze Volumausdehnung des Eichenholzes 10%, nach Weisbach nur 6,8, was auf Verschiedenheit des Eichenholzes und auf dem Umstande beruhen mag, daß Laves nur dünne Stäbchen anwendete.

Besonders stark reißt das Holz, namentlich das runde, bei schnellem Trocknen. Je mehr feste Bestandtheile das Holz außer dem Faserstoff besitzt, um so stärker wirft es sich bei Feuchtigkeitsveränderungen der Luft. Am wenigsten schwindet das Holz nach der Längenrichtung der Fasern, auch weniger in der Richtung vom Mittelpunkte zu — bei rundem Holze — als nach jeder andern, also am stärksten in der Richtung, in welcher es am leichtesten spaltet, es bekommt daher auch in derselben die Trockenrisse.

Aus den Versuchen von Chevandier[2]) ergab sich das Minimum von hygrometrischem Wasser, oder das Maximum der Austrocknung (in einem vor Regen und Sonnenschein geschützten offenen Schoppen) durchschnittlich nach Verlauf von anderthalb Jahren bei den harzigen Hölzern (Tanne und Fichte), bei der Buche, beim Stammholz der Birke, Espe, Erle und den jungen Stämmchen der Espe. Dieses Maximum der Austrocknung wurde dagegen von der Eiche, Weißbuche, den Birken- und Espenzweigen und jungen Birken und Erlenstämmchen im Durchschnitt erst nach zwei Jahren erreicht. Über zwei Jahre die Versuche auszudehnen, hielt Chevandier nicht für nothwendig wegen der bei den meisten Holzarten eintretenden Veränderungen, welche darauf hinzudeuten scheinen, daß sie zwischen anderthalb und zwei Jahren nach der Fällung den höchsten Grad der freiwilligen Austrocknung erreichen und daß spätere Abweichungen dem Feuchtigkeitsgrad der Luft selbst nach der Jahreszeit und dem Augenblick, wo die Bestimmung des Wassergehalts stattfindet, zuzuschreiben sind.

Chevandier fand ferner, daß die harzigen Holzarten schneller austrocknen, aber auch schneller wieder Feuchtigkeit aufnehmen, als die Laubhölzer, und daß unter letzteren die weichen Holzarten (Birke, Espe, Erle, Weide) zur Zeit der Fällung in der Regel mehr Feuchtigkeit enthalten, als die harten (Buche, Eiche, Weißbuche), sie aber schneller wieder verlieren und vollkommener austrocknen.

Die den verschiedenen Holzarten zukommenden Mengen der hygrometrischen Feuchtigkeit nähern sich vom ersten Jahre nach der Fällung an

1) Vgl. Mittheilungen des Gewerbvereins f. d. Königreich Hannover. Jahrg. 1836—1837.

2) Moniteur industriel 1846. Nr. 1045 und von da Dingler's polytechn. Journ. Bd. 102. 1846. S. 70.

dermaßen, daß er folgende allgemeine Durchschnittszahlen annehmen zu können glaubt:

1) Nadelholz			2) Laubholz:		
Stammholz ½ Jahr nach der Fällung . . .	29	Proc.	Stammholz ½ Jahr nach der Fällung . . .	26	Proc.
Zweige	32	„	Zweige	34	„
Junge Stämmchen . .	38	„	Junge Stämmchen . .	36	„
Stammholz im Zustande der größten Trockenheit	15	„	Stammholz im Zustande der größten Trockenheit	17	„
Zweige.	15	„	Zweige.	20	„
Junge Stämmchen . .	15	„	Junge Stämmchen . .	19	„

Diese Zahlen dürften indeß wohl als Minima zu betrachten sein, weil die untersuchten Proben einzeln schnell und leichter austrocknen mußten, als auf einem Holzplatz aufgeschichtete Stücke.

Der Boden und dessen Lage haben nach Chevandier nicht den geringsten Einfluß auf die Menge des hygrometrischen Wassers im Holze.

Je früher das Holz nach der Fällung in Breter geschnitten und diese dann zu Möbeln ꝛc. verarbeitet werden, desto mehr ziehen sich die Breter in der Breite zusammen, daher das Springen und furchtbare Krachen solcher Geräthe und frischer Zimmerböden, namentlich bei starker Heizung, das Rinnen der zur Aufbewahrung von Flüssigkeiten bestimmten Gefäße, wenn sie leer der Einwirkung von Luft und Sonne ausgesetzt sind.

Abgestorbenes Holz tränkt sich, wie die Tabelle S. 411. zeigt, im Wasser so stark mit Flüssigkeit, daß es schwerer wird, als es im lebenden, saftigen Zustande war, weil die dort mit Luft gefüllten Theile nun auch vom Wasser durchdrungen werden, es wird daher endlich schwerer, als Wasser, und sinkt darin unter, verliert seine auflöslichen Theile und schwindet dann beim Wiederaustrocknen stärker als zuvor.

Allgemeine Übersicht der physischen Eigenschaften.

Nach den Versuchen von Chevandier und Wertheim mit verschiedenen Hölzern aus den Vogesen (vgl. S. 405), besitzt das Acacienholz die ausgezeichnetsten physikalischen Eigenschaften. Es vereinigt die größte Festigkeit und Elasticität mit bedeutender Härte und langer Dauer. Es könnte daher dieses bis jetzt noch wenig angewendete Holz vermöge dieser Vorzüge eine weit ausgedehntere Benutzung finden, namentlich für Eisenbahnschwellen, da es schnell wächst und in jedem Boden fortkommt. Man könnte sogar Acacien auf den Abhängen der Bahndämme und dem wüsten Terrain in der Nähe der Eisenbahnen, also unmittelbar am Orte der Verwendung ziehen. Das Laub derselben ist als Surrogat des Klees empfohlen worden.

Die Tanne steht in der Elasticität der Acacie nach, und ihre Festigkeit ist nicht groß, aber doch hinreichend zu einer Anwendung, wo ein großer elastischer Widerstand bei geringem Gewichte verlangt wird. Die geringe Elasticität und Festigkeit nach der Richtung des Querholzes machen hingegen das Tannenholz für solche Fälle weniger empfehlenswerth, wo es sich um Widerstand gegen Zug oder Druck handelt. Da übrigens die

kräftigsten Holzfaserschichten an der Peripherie sind, so wird dieses Holz besser in seiner natürlichen Gestalt, als, wie gewöhnlich, vierkantig angewendet und bei geschnittenen Stücken sind die äußersten die stärksten.

Obgleich das Eichenholz keine mechanische Eigenschaft im höchsten Grade besitzt, so vereinigt es sie doch alle noch in ziemlich hohem Maße, wodurch es zu fast allen Anwendungen geschickt wird. Den Vorzug, welchen man gewöhnlich dem Kernholz vor dem Splint und dem unteren Theile vor dem Wipfel und jungem Holze vor altem gibt, fanden Chevandier und Wertheim durch ihre Versuche bestätigt.

Weißbuche, Rothbuche und Birke stehen in der Festigkeit und, mit Ausnahme der Rothbuche, auch in der Elasticität der Eiche nach, besitzen dieselben aber nach der Quere in bedeutendem Grade, würden sich daher vortheilhaft zu Schwellen und Radzähnen eignen, wenn man ihre Dauer, unbeschadet den mechanischen Eigenschaften, sichern kann.

Kiefer und Föhre haben unter allen Hölzern, bis auf die Pappel, die geringsten Zahlenwerthe. Dies ist auffallend, weil man sie, wenigstens in Bezug auf Elasticität, der Kiefer und Tanne gleich setzt, oder letzterer selbst vorzieht.

Die mechanischen Eigenschaften wachsen stetig und zuweilen in sehr starkem Verhältniß vom Kern nach dem Splint zu bei der Tanne unabhängig vom Alter des Baumes, bei der Kiefer, Weißbuche, Esche, Ulme, Ahorn, Maulbeere, Espe, Erle und zum Theil bei der Acacie. Diese Vermehrung scheint bei harzigen Hölzern und solchen, deren Schichten stets dem Wasser durchdringlich bleiben, unabhängig vom Alter des Baumes zu sein. Bei allem Eichen- und Birkenholz zeigt sich eine Vergrößerung der mechanischen Eigenschaften vom Kern bis zum dritten Theile des Halbmessers, von da aber eine Abnahme bis zum Splint. Bei Rothbuchen findet man eine Vergrößerung dieser Eigenschaften bei jungen Stämmen, eine Verminderung bei älteren. Wahrscheinlich wird bei den Hölzern, wo die alten Jahresschichten zu dichtem Holze verwachsen, durch diesen Proceß das Verhältniß der mechanischen Eigenschaften modificirt.

Bei jeder Jahresschicht allein genommen findet eine Abnahme ihrer mechanischen Eigenthümlichkeiten mit der Höhe des Baumes statt. Ebenso verhält es sich in der Richtung rechtwinkelig gegen die Axe des Baumes.

Für den ganzen Stamm kann daher bei den Holzarten, bei welchen sich die schwächsten Schichten an der Peripherie befinden, nur eine Abnahme der mechanischen Eigenschaften mit der Höhe des Baumes eintreten, wie z. B. beim Eichenholz. Bei anderen Holzarten kann sich aber eine Verminderung, Gleichheit oder Vergrößerung dieser mechanischen Eigenschaften zeigen, je nach dem Verhältniß, welches zwischen der Abnahme dieser Eigenschaften vom Kern nach dem Splint und zwischen der Abnahme der Schichten von der Wurzel nach dem Wipfel stattfindet[1]).

---

1) Näheres hierüber s. in den Comptes rendus 1846. 23. S. 663—674; polytechn. Centralbl. 1847. S. 147—157.

Verhalten des Holzes zu chemischen Reagentien.

Vom Chlor wird das Holz gebleicht, schneeweiß, aber nicht aufgelöst. Von concentrirter Schwefelsäure wird es in der Kälte in Gummi, und beim Verdünnen und Kochen mit Wasser in Traubenzucker umgewandelt. Läßt man kalte concentrirte Schwefelsäure mit Eichenholz eine Stunde lang stehen, so färbt sich die Flüssigkeit rothbraun und ist in Wasser löslich. Nach 14—18 Stunden ist die Farbe dunkler und es werden auf Zusatz von Wasser braune Flocken niedergeschlagen. Nach 36 Stunden ist die Flüssigkeit schleimig, braun und läßt auf Zusatz von Wasser braune Flocken fallen, welche, gewaschen, sich größtentheils in Ammoniakflüssigkeit lösen. Überschüssiges Kali fällt die Auflösung in Flocken, welche bei 90 bis 95° C. zu einer eiweißartigen Masse zusammenschmelzen. Bei noch längerer Einwirkung der Schwefelsäure wird das Holz zuletzt in eine schwarze gallertartige Masse verwandelt [1]).

Ein Gemenge von concentrirter Schwefelsäure und Sägespänen entwickelt beim Erhitzen schweflige Säure, wird schwarz und entsteht zu einem Magma, welches beim Mischen mit Wasser nach Hatchett 0,438 seines Gewichtes kohlige, schwierig verbrennbare Substanz unaufgelöst zurückläßt. Concentrirte Salpetersäure färbt das Holz gelb und verwandelt es nach einiger Zeit in eine pulverige Masse, welche sich zuletzt, unter Verwandlung in Oxalsäure auflöst. Concentrirte Salzsäure wird durch Kochen mit Holz roth und später braun, das Holz aber schwarz, ohne sich aber in der Säure oder in reinem Wasser zu lösen und brennt nach dem Trocknen noch mit Flamme.

Verdünnte ätzende Alkalien wirken wenig auf Holz; werden aber Sägespäne mit einer sehr concentrirten Auflösung von gleichen Theilen Kalihydrat zusammengeschmolzen, bis die ganze Masse zu einer Flüssigkeit geworden, so entsteht unter Aufblähen und Entwickelung eines brenzlich riechenden Wassers eine braunschwarze Auflösung, welche Essigsäure und Oxalsäure enthält und woraus Säuren eine Substanz niederschlagen, die zunächst mit dem Dammerdeextrakt oder mit der aus Ruß in Alkali auflöslichen Materie übereinstimmt. Das Holz löst sich hierbei fast ohne Rückstand auf. Geschieht das Zusammenschmelzen bei Abschluß der Luft, z. B. in einer Retorte, so wird die Masse gelb und bildet mit ausgekochtem Wasser eine gelbe Auflösung, welche in der Luft Sauerstoff absorbirt und braun wird.

Verwesung des Holzes.

Unmittelbar nach dem Aufhören der Lebenskraft unterliegt das Holz wie alle übrigen organischen Körper einer allmäligen Zersetzung, welche je nach den Umständen auf dreierlei Art erfolgen kann. Die eine geht vor sich im befeuchteten Zustande bei ungehindertem Zutritte der Luft, die zweite bei Abschluß der Luft und die dritte unter Wasser, wenn sich das Holz dort mit faulenden Stoffen zusammen befindet.

---

1) Vgl. Payen, Ann. de Chim. et de Phys. 3. Sér. 16. S. 231—239; pharm. Centralbl. 1846. S. 331—333.

In trockener Luft oder unter Wasser erhält sich das Holz bekanntlich Jahrtausende ohne bedeutende Veränderung, wie die aus dem Grunde von Torfmooren aufgenommenen Baumstämme gezeigt haben, die darin wohl schon vor Anfang unserer Geschichte gelegen haben mögen, so wie die ägyptischen Mumienkasten, wovon einige mit Sicherheit über 3000 Jahre alt geschätzt werden. In feuchtem Zustande in Berührung mit der Luft erleidet die Holzfaser sogleich eine Veränderung und geht unter Aufnahme von Sauerstoff und Entwickelung von Kohlensäure allmälig in eine gelbbraune, braune oder schwarze Materie von geringem Zusammenhang über. Es werden 2 Atome Sauerstoff aus der Luft aufgenommen und 1 Atom Kohlensäure nebst 2 Atomen Wasser gebildet. Kohlensäure, Wasser und Moder oder Humus sind sonach die Verwesungsprodukte des Holzes. Obgleich das Holz außer Faserstoff noch andere organische Stoffe enthält, die mit ihm der Zersetzung unterliegen, so ist doch ihre Menge so unbedeutend, daß man sie bei der Erklärung des Verwesungsprozesses unberücksichtigt lassen kann. Es handelt sich also dabei nur um die Holzfaser, welche nach Gay-Lussac in dem mit Wasser und Weingeist ausgezogenen, bei 100° C. getrockneten Eichenholze aus 52,53 Kohlenstoff und 47,47 Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, wie im Wasser besteht, und hiermit scheint auch die Zusammensetzung der Holzfaser aller übrigen bis jetzt untersuchten Holzarten übereinzustimmen.

Würde sich die Einwirkung des Sauerstoffs ausschließlich auf den Kohlenstoff des Holzes erstrecken, so müßte zuletzt aller Kohlenstoff verschwinden unter Zurücklassung der Elemente des Wassers. Da im Gegentheil der Kohlenstoffgehalt des verwesenden Holzes beständig zunimmt, so müssen außer dem Kohlenstoff durch die Kohlensäurebildung auch von den anderen Bestandtheilen ausgeschieden werden, nämlich die Bestandtheile des Wassers, wie dies auch die Untersuchung der Zersetzungsprodukte in den verschiedenen Stadien der Verwesung in der That ergibt. Folgende Formeln drücken diese Verhältnisse aus:

Eichenholz = $C_{36}H_{44}O_{22}$ nach Gay-Lussac und Thenard.
Humus von Eichenholz = $C_{36}H_{40}O_{20}$ nach Meyer.
" " " = $C_{34}H_{36}O_{18}$ nach Will.

Man sieht, daß immer für je 2 Äquivalente (4 Atome) Wasserstoff 2 Atome Sauerstoff und 1 Äquivalent Kohlenstoff von den übrigen Elementen abgeschieden werden.

Unter den gewöhnlichen Umständen erfolgt die Verwesung der Pflanzenfaser äußerst langsam, sie würde beschleunigt werden durch erhöhte Temperatur und ungehinderten Luftzutritt; sie wird verzögert durch Abwesenheit von Feuchtigkeit und Umgebung einer Atmosphäre von Kohlensäure, welche den Luftzutritt verhindert.

Schweflige Säure, überhaupt alle antiseptischen Mittel hindern die Verwesung der Pflanzenfaser und man hat den Quecksilbersublimat als das kräftigste Mittel gefunden, um das Schiffsholz, welches der abwechselnden

Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt ist, vor der Verwesung zu schützen.

Durch die Gegenwart der Alkalien und alkalischen Erden, welche die Sauerstoffabsorption auch bei Substanzen veranlassen, denen sie an und für sich abgeht, wird die Verwesung befördert, durch Säuren gehindert oder verzögert.

Im Lehmboden erfolgt, ob er gleich die Feuchtigkeit am längsten zurückhält, die Verwesung am langsamsten, weil sein fester Zusammenhang den Luftzutritt verhindert.

Im Sandboden, namentlich wenn er mit kohlensaurem Kalk gemengt ist, schreitet die Verwesung am schnellsten voran unter Vermittelung der, wenn auch nur schwachen alkalischen Reaction des letzteren.

Denkt man sich die Verwesung des Holzes lang genug fortgesetzt, so muß von der Holzfaser $= C_{36}H_{11}O_{22}$ nach Hinwegnahme von H_{11} und $O_{22} = 22$ (Wasser) $\dot{H}$ zuletzt nur noch reiner Kohlenstoff zurückbleiben, wie bei der Entstehung der Mineralkohlen.

So vollständig erfolgt aber diese Abscheidung unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht, weil mit der Zunahme des Kohlenstoffs im entstehenden Humus die Verwandtschaft dieses Kohlenstoffs zum Wasserstoff und Sauerstoff dem Streben nach Wasserausscheidung das Gleichgewicht hält.

Die Fähigkeit des Holzes, mit Flamme zu brennen, nimmt mit der fortschreitenden Verwesung ab, das verfaulte Holz verglimmt ohne Flamme, der noch vorhandene Wasserstoff scheint daher nicht mehr in der Form darin enthalten zu sein, wie im Holze. Krankes oder verfaultes Holz hat deshalb als Brennmaterial einen geringen Handelswerth.

Bei gehindertem Luftzutritte bildet das gefaulte Holz keine braune, sondern eine weiße oder graue Masse (vgl. S. 367), woraus Wasser neuentstandene auflösliche Stoffe auszieht, die aber noch keiner Untersuchung unterworfen wurden.

Unter trockener Fäulniß versteht man die Zersetzung, welche in gehauenem Holze selbst an einem trockenen luftigen Verwahrungsorte entsteht, wobei es spröde und untauglich wird, und dieser Zerstörungsprozeß, dessen Ursache man nicht gehörig kennt, pflanzt sich auch auf nebenliegendes frisches Holz wie durch Ansteckung fort und kann nur durch antiseptische Mittel verhütet werden.

Theorie der Holzfäulniß (Verwesung).

Was die Theorie der Holzfäulniß betrifft, so ist dieselbe nach Hermann's Ansicht nicht so einfach, daß sie, wie Liebig annimmt, blos in der Aufnahme von 2 Atomen Sauerstoff und Abscheidung von 1 Atom Kohlensäure und 2 Atomen Wasser besteht, sondern es wird nach Hermann dabei auch Stickstoff aus der Luft aufgenommen und er suchte dies auch durch Versuche nachzuweisen. Nach seinen Beobachtungen nahm frisches Holz in den ersten 10 Tagen der Fäulniß bei 24° C. 4 Raumtheile Stickstoff und 8 Sauerstoff auf unter Abscheidung von 16 Kohlensäure,

faules Holz dagegen in 5 Tagen bei 19° C. 1 Raumtheil Stickstoff und 8 Sauerstoff unter Abscheidung von ebenfalls 8 Kohlensäure.

2 Atome Stickstoff verbinden sich mit den Bestandtheilen des Holzes $= C_{26}H_{11}C_{22}$ unter Absorption von 4 Atomen Sauerstoff und 2 Atomen Stickstoff zu 4 Atomen Wasser, 4 Atomen Kohlensäure und 1 Atom einer eigenthümlichen Substanz $= C_{79}H_{70}O_{28}N_7$, welche er Nitrolin nennt und die man daraus abscheiden kann, wenn man eine Abkochung von faulem Holze in kohlensaurer Kalilösung mit verdünnter Schwefelsäure fällt.

Aus dem Nitrolin entsteht nun bei fortschreitender Fäulniß ganz ebenso Ammoniak, wie bei der Fäulniß jeder anderen stickstoffhaltigen organischen Substanz und Holzhumus, welcher aus Humussäure und Humusextrakt besteht.

Frisch verfaultes Holz fand Hermann in 100 Theilen zusammengesetzt aus: Nitrolin 61,0, Holzhumussäure 21,0, Humusextrakt 17,5 und Ammoniak 0,5; faules Holz, in dem die Humusbildung weiter vorgeschritten war: Nitrolin 18,875, Holzhumussäure 53,625, Humusextrakt 26,500 und Ammoniak 1,000.

Nach Hermann sind daher bei der Fäulniß zwei ganz verschiedene Prozesse zu unterscheiden: die Nitrolinbildung und die Holzhumusbildung.

Der Holzhumus der ersten Analyse entspricht unter Zugrundlegung der Atomgewichte 9208,6 für Holzhumussäure und 4221,4 für Humusextrakt einer Verbindung von 1 Atom Humussäure, 2 Atomen Humusextrakt und 1 Atom Ammoniak. Der zweite Holzhumus enthält gleiche Atome aller drei Stoffe. Im ersteren Falle würden 5, im zweiten 4 Atome Nitrolin durch Absorption von 58 und resp. 56 Atomen Sauerstoff und 3 Stickstoff diese Resultate liefern können. In dem Versuche fand sich die Absorption des Stickstoffs zu 1 Volum Stickstoff auf 8 Vol. Sauerstoff als doppelt so groß, als hier verlangt wird. Wahrscheinlich entsteht also bei dieser Nitrolinzersetzung viel mehr Ammoniak, etwa 3 Atome, wovon 2 verdunsten und nur eines beim Holzhumus bleibt. Es würden dann für den ersten Fall entstehen 1 Atom Holzhumussäure ($C_{70}H_{70}O_{28}N_7$), 2 Atome Humusextrakt ($C_{32}H_{32}O_{14}N_2$), 3 Atome Ammoniak, 26 Kohlensäure und 14 Wasser; für den zweiten aus 4 Nitrolin 50 O und 7 N 1 Holzhumussäure, 1 Humusextrakt, 3 Ammoniak, 26 Kohlensäure und 12 Wasser.

Vergleicht man die Bestandtheile des Ackerhumus mit dem Holzhumus, so scheint sich die Holzhumussäure unter Aufnahme von O und N und Wasserbildung in Humusquellsäure und Torfsatzsäure, letztere aber wieder weiter in Torfquellsäure zu verwandeln. Bei dieser Ackerhumusbildung wirken gewiß die durch Verwitterung der Gebirgsarten frei werdenden Basen disponirend mit. So wäre eine ununterbrochene Kette von Holz durch Nitrolin, Holzhumus, Gartenerde, zu Ackererde nachgewiesen.[1])

---

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 27. S. 165.

Nach Mulder hat man wohl zu unterscheiden zwischen der Verwesung bei ungehindertem und jener bei beschränktem Luftzutritt. Die obersten Schichten des Humus erleiden eine vollkommene Oxydation unter Bildung von Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure (nach vorhergegangener Bildung von Ammoniak). In den unteren Schichten erfolgt zwar auch eine Oxydation, aber nur zum Theil, denn ein anderer Theil bildet die Produkte, welche im verschlossenen Raume aus organischen Substanzen entstehen. Nur wenig Kohlensäure entsteht und kein Ammoniak oxydirt sich zu Salpetersäure. Diese unteren Schichten enthalten zwar Luft, aber dieselbe erneuert sich nur langsam, der Sauerstoff wird ganz zur Bildung von Kohlensäure und Wasser gebraucht, der Stickstoff bleibt übrig.

Daraus erklärt sich auch, warum Holz und überhaupt organische Körper mit Luft abgeschlossen und einer bestimmten Temperatur ausgesetzt, im Allgemeinen weit schneller verfaulen und schimmeln, als wenn die Luft erneuert werden kann. Es entstehen weniger flüchtige Produkte, aber desto mehr fixe, wie Ulmin und Humussäure 2c., welche das Austrocknen verhindern und der kryptogamischen Vegetation eine hinreichende Nahrung bieten.

So wie der Stickstoff faulender Körper im Augenblicke seines Freiwerdens im Stande ist, sich mit dem Sauerstoff der Luft, bei Gegenwart von Basen, zu Salpetersäure zu vereinigen, so scheint auch der bei der Zersetzung in den unteren Schichten entweichende Wasserstoff bei Gegenwart von Säuren (hier Kohlensäure) sich zu Ammoniak verbinden zu können. Das Ammoniak, welches man in allen porösen Mineralien findet, soll zwar von diesen aus der Luft condensirt sein, allein seine Abstammung ist ungezwungener aus dem Angeführten zu erklären.

Wird aber auch endlich dieses Ammoniak durch eine hinreichende Sauerstoffmenge zu Salpetersäure oxydirt, so wird diese wahrscheinlich sogleich wieder zur Oxydation des humussauren Ammoniaks in quellsatzsaures Ammoniak verwendet, während die Quellsatzsäure durch höhere Oxydation sich in Quellsäure verwandelt. Berzelius sah wenigstens die Quellsatzsäure durch Einwirkung von Salpetersäure in Quellsäure übergehen.

Es ist nach den Versuchen von Berzelius, welcher aus Salpetersäure und Holzkohle quellsatzsaures Ammoniak bereitet hat, sehr wahrscheinlich, daß die Holzkohle, worin Pflanzen wachsen können, auf gleiche Weise Ammoniak aus Wasser und aus der abgeschlossenen Luft bilden könne und daß hierdurch Quellsatzsäure und Quellsäure entstehen können. Durch den Einfluß der Vegetation muß diese Veränderung befördert werden. Eine kleine Quantität Ammoniak aus organischen Substanzen aus den von den keimenden Pflanzen abfallenden Cotyledonen kann diesen Prozeß zuerst einleiten und dann derselbe durch die eingeschlossene feuchte atmosphärische Luft fortgesetzt werden. Es lassen sich daraus die 2 Procent Humusextrakt erklären, welche Buchner in der Holzkohle fand, die Lucas ein Jahr lang zum Pflanzenbau benutzt hatte.

Leuchtendes Holz.

Der völligen Verwesung der Pflanzenstoffe geht bisweilen bei Gegenwart von ziemlich vieler Feuchtigkeit und wenig Luft bei mäßiger Temperatur

eine Zersetzung voraus, welche eine Materie erzeugt, die wie Phosphor leuchtet, aber keinen Phosphor enthält, sondern aus einer leicht verbrennlichen Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu bestehen scheint.

Besonders häufig leuchtet Hloz sowohl von Wurzeln als von anderen Theilen. Man hat es beobachtet beim Holze von Quercus Robur, Fagus Castanea und sylvatica, Betula alba und Alnus, Corylus Avellana, Pinus Abies, P. Strobus, P. picea, P. sylvestris, Juglans regia und einigen Weidenarten.

Das Holz leuchtet nur, wenn seine Zersetzung bei mäßiger Feuchtigkeit und fast abgehaltener Luft erfolgt ist, wo es weiß bleibt, denn bei zu vieler Feuchtigkeit und Luftzutritt zerfällt es, wie oben angegeben wurde, zu einem braunen Staube, welcher nicht leuchtet. Daher besonders unter der Erde gelegenes, namentlich im Safte gefälltes Holz und Wurzeln, am meisten der Bast, weil er besonders viel Saft enthält, wenn man sie an einem mäßig feuchten Orte aufbewahrt, nach einigen Tagen zu leuchten anfangen. Bei niedriger Temperatur (0°) leuchtet das Holz schwächer, aber länger, über 14 Tage. Siedendes Wasser zerstört das Leuchten für immer, Erhitzen des Holzes für sich bis 100° C. vernichtet es zwar auch, allein es kommt durch kaltes Wasser wieder zum Vorschein. Das Leuchten verschwindet beim Austrocknen; man kann es daher bis auf 14 Tage verlängern, wo es sonst nur 2 — 3 Tage dauert, wenn man das Holz in feuchtes Fließpapier einwickelt. Sauerstoffgas und luftleerer Raum ändern das Leuchten nicht; in Stickstoff-, Chlor-, Ammoniak-, Hydrochlor-, Kohlensäure- und Schwefelwasserstoffgas hört es nach einigen Minuten auf und erscheint dann an der Luft nur zum Theil wieder. Beim Leuchten wird etwas Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure entwickelt.

Brennbarkeit des Holzes.

Wenn das Holz beim Zutritte der Luft einer die Glühhitze erreichenden Temperatur ausgesetzt wird, so erleidet es wie alle organischen Körper eine von der Zersetzung desselben bei gewöhnlicher Temperatur, der Fäulniß, bedeutend abweichende Zersetzung, welche man mit Verbrennung bezeichnet und die bereits im allgemeinen Theile beschrieben worden ist. Die bei der Verbrennung frei werdende Wärme ist verschieden nach den bei der Verbrennung stattfindenden Umständen sowohl, als nach der Qualität des Holzes.

Unter Brennbarkeit oder richtiger **Heizkraft** versteht man daher die Eigenschaft des Holzes, während der Verbrennung eine größere oder geringere Menge brennbarer Stoffe abzugeben, welche eine gewisse Wärmemenge entwickeln, die nach der Höhe und Dauer des hervorgebrachten Hitzegrades bemessen wird.

Die Brennkraft hängt ab von der Trockenheit des Holzes.

Die zur Entzündung des Holzes nöthige Hitze wirkt bei grünem oder feuchten Holze überhaupt zuerst auf die Verdunstung des vorhandenen Wassers, welches zu seiner Verflüchtigung eine bedeutende Menge von Wärme absorbirt und nebstdem einen beträchtlichen Antheil von den Bestandtheilen des Holzes halb- oder gar nicht verbrannt als Rauch mit sich

fortreißt und dadurch der Verbrennung entzieht. Erst nach dieser Austrocknung liefert es entzündliche Gase, so daß es dann, wenn die Temperatur die erforderliche Höhe erreicht hat, ohne allen Rauch verbrennt, weshalb sich auch in den Kaminen stark geheizter Öfen, wie z. B. in den Töpferöfen der Kamin bei Holzfeuerung ganz russfrei erhält. Es kann daher bei feuchtem Holze ebenso wie bei unvollkommenem Luftzuge nur eine unvollkommene Verbrennung stattfinden, bei welcher ein beträchtlicher Theil des Brennstoffs unbenutzt als Rauch entweicht. Außerdem ist die Hitzkraft des nassen Holzes auch deshalb geringer, weil es langsamer verbrennt als dürres.

Dem Gewicht nach hat feuchtes Holz $^{8}/_{23}$ weniger Werth, als trockenes. Dem Volum nach aber hat eine Klafter grünes Holz und eine Klafter lufttrockenes den nämlichen Werth für den Consumenten, welcher es vor dem Gebrauche erst trocken werden lassen kann.

Grünes Holz mit trockenem Holz oder Kohle gemischt soll mehr Brennkraft entwickeln als grünes Holz allein, weil hier das Wasser nicht durch die ganze Holzmasse verbreitet die Verbrennung nicht blos nicht hindert, sondern sogar befördert, da das verdampfte Wasser vom Kohlenstoffe der schon entzündeten trockenen Holzstücke zersetzt wird, so daß dann der Wasserstoff desselben sich damit zu Kohlenwasserstoff verbindet und dadurch die Masse der brennbaren Gase vermehrt wird.

Die Brennkraft des Holzes steht in geradem Verhältnisse mit seiner Schwere

Außer dem Wassergehalte hängt der Brennwerth vor Allem ab von dem Gehalte an brennbaren Bestandtheilen, d. h. von der Gesammtmenge der Hauptbestandtheile, da diese, wie oben (S. 384) angegeben wurde, in den verschiedenen Holzarten fast in ganz gleichen Verhältnissen zu einander stehen. Es steht daher der Brennwerth des Holzes so ziemlich in geradem Verhältnisse mit dem specifischen Gewichte. Weil aber ferner das specifische Gewicht wieder mit der Härte im Zusammenhange steht, so hat auch in der Praxis ein hartes Holz als Brennmaterial den Vorzug vor weichem Holze. Geflößtes Holz erleidet durch den Verlust an auflöslichen brennbaren Theilen eine Minderung seines Brennwerthes, welche 20 Procent erreichen kann.

und Dichtigkeit.

Die Dichtigkeit des Holzes hat aber noch einen anderen Einfluß aufs Verbrennen. Größere Porosität erleichtert den Luftzutritt, daher auch vollkommenere Verbrennung, indem das Holz dabei fast vollständig in brennbare Gase (Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd) verwandelt wird, so, daß leichtes Holz mit starker Flamme und Hinterlassung von wenig Kohle brennt, während die dichteren Holzarten nur an der Oberfläche verbrennen, aus dem Innern werden die gasförmigen Produkte gleichsam abdestillirt, bis es endlich ganz verkohlt ist, wo sich dann eine starke Kohlenglut verbreitet. Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme verbreitet sich theils als erwärmte Luft, theils als strahlende Wärme. Da aber die strahlende Wärme der Flamme $^{1}/_{4}$, die der glühenden Kohle aber $^{1}/_{3}$ der ganzen entwickelten Wärmemenge beträgt, so müssen daher auch schwerere Holzarten

bei gleichem Volum mehr Wärme entwickeln als die leichten. (Vgl. auch S. 382, unten).

Die Brennkraft des Holzes hängt ab von Alter, Standort, Holzgattung 2c.

Holz von mittlerem oder reifem Alter besitzt, etwa mit Ausnahme der Eichen, Hainbuchen, Elzbeeren, Ahorn, Erlen, Saalweiden, Espen, etwas mehr Brennstoff als sehr junges und ganz altes Holz.

Das Stammholz liefert gewöhnlich mehr Brennstoff als Ast- und Reißholz.

Im Freien und an Bergen erwachsenes Holz besitzt mehr Brennstoff als das im Schlusse und in der Ebene erwachsene.

Das im Winter gehauene Holz ist reicher an Brennstoff, als das im Safte gehauene, aber ersteres flammt schlechter als letzteres.

Bestimmung des Brennwerthes des Holzes.

Aus der Summe aller, sowohl während des Flammens, als während der Kohlenglut frei werdenden Wärme hat man die aus gleichen Massen verschiedener Holzarten unter gleichen Verhältnissen erhaltenen Wärmemengen, oder den **Brennwerth** derselben zu ermitteln gesucht nach der Wassermenge, welche durch die, aus dem abgewogenen und nach dem Kubikgehalt berechneten Holze entwickelte Wärme verdampft wird, nach dem höchsten Temperaturgrad, welchen das Wasser dabei annimmt, und nach der Zeit, in welcher beides geschieht, so wie nach der Dauer der Erwärmung überhaupt bis zum Verlöschen des Feuers. (Vgl. auch S. 423, 424 u. 428).

Folgende Tabelle gibt die Namen der Hölzer in der ersten Columne, ihre specifischen Gewichte nach Karmarsch in der zweiten, ihre chemische Zusammensetzung in der dritten. Die Hölzer waren Ende Winters gefällt und nach dem Pulvern bei 100° C. vom hygroskopischen Wasser befreit. Die vierte Columne gibt die Sauerstoffmenge an, welche die in 100 Theilen des Holzes enthaltenen Kohlenstoff- und Wasserstoffmengen zum vollständigen Verbrennen der Rechnung nach fordern, nach Abzug des im Holze selbst enthaltenen Sauerstoffs. Diese Columne drückt also den absoluten Brennwerth bei gleichem Gewichte aus. Die fünfte enthält die absoluten Brennwerthe des Holzes bei gleichem Volum.

1	2	3			4	5
Holzart	specifisches Gewicht	100 Theile enthalten aus zwei nahe übereinstimmenden Analysen			Absoluter Brennwerth für gleiche	
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Gewichte	Maße
Linde, Tilia europaea..	0,559	49,408	6,861	43,731	140,523	78,552
Korkulme, Ulmus suberosa	0,568	50,186	6,425	43,389	139,408	78,982
Weißtanne, Pinus Abies	0,481	49,946	6,407	43,647	138,377	65,539
Lerche, Pinus Larix....	0,565	50,106	6,310	43,584	138,082	77,916
Roßkastanie, Aesculus Hippocastanum	0,551	49,977	6,714	44,209	138,002	76,039
Buchsbaum, Buxus sempervirens	0,942	49,368	6,521	44,111	137,315	129,349
Ahorn, Acer campestris	0,654	49,803	6,307	43,890	136,960	89,563
Kiefer, Pinus sylvestris	0,763	49,937	6,250	43,813	136,931	104,475
Fichte, Pinus picea....	—	49,591	6,384	44,025	136,886	—
Pappel, Populus alba..	0,387	49,699	6,312	43,989	136,628	52,874
Birnbaum, Pyrus communis	0,732	49,395	6,351	44,254	135,881	100,195
Wallnuß, Juglans regia	0,660	49,113	6,443	44,444	135,690	89,555
Erle, Betula Alnus....	0,538	49,196	6,217	44,587	133,953	72,055
Weide, Salix fragilis...	—	48,839	6,360	44,801	133,951	—
Eiche, Quercus Robur	0,650	49,432	6,069	44,499	133,472	86,756
Apfelbaum, Pyrus Malus	0,734	48,902	6,267	44,831	133,340	97,871
Esche, Fraxinus excelsior	0,670	49,356	6,075	44,569	133,251	89,278
Birke, Betula alba.....	0,738	48,602	6,375	45,023	133,229	98,320
Kirschbaum, Prunus Cerasus.............	—	48,824	6,276	44,900	133,139	—
Acacie, Robinia Pseudacacia	—	48,669	6,272	45,059	132,543	—
Pflaumenbaum, Prunus domestica..........	0,872	49,311	5,964	44,725	132,088	115,190
Weißbuche, Carpinus Betulus	0,728	48,533	6,301	45,166	132,312	96,322
Rothbuche, Fagus sylvatica	7,725	48,184	6,277	45,539	130,834	94,853
Ebenholz, Diospyrus Ebenum	1,213	49,838	5,352	44,810	128,478	155,842

Wie wenig solche theoretische Bestimmungen vermöge des Einflusses der übrigen oben angegebenen Umstände bei der Verbrennung mit praktischen Versuchen übereinstimmen, ergibt die Vergleichung dieser mit der nächsten Tabelle. Es müßte bei diesen Berechnungen jedenfalls in Abzug kommen die Wärme, bei welcher die durch Verbrennung erzeugten Gase und der Wassergehalt des Holzes in die Luft austreten oder aufhören, einen Nutzeffekt zu gewähren, so wie die Wärme, welche zur Verflüchtigung des hygrometrischen Wassers im Holze erforderlich ist. Da es ferner bei diesen Untersuchungen nicht allein auf die Menge der entwickelten Wärme ankommt, sondern auch auf die Höhe, Intensität derselben, so kann der Fall eintreten, daß ein Brennmaterial, welches eine größere Menge Wärme beim Verbrennen entwickelt, als ein anderes, doch eine geringere Wirkung macht, wo es darauf ankommt, einen bestimmten Hitzegrad zu erzeugen und anhaltend hervorzubringen. Es lassen sich daher Vergleichungen über die Heizkraft verschiedener Brennmaterialien eigentlich nur für bestimmte Zwecke anstellen.

Bei diesen mit kleinen Portionen Material angestellten Versuchen wird in der Regel nicht berücksichtigt, daß von der Wärmesumme, sie mag groß oder klein sein, stets ein gewisser gleicher und nicht unerheblicher Wärmeverlust in Abzug kommt für die erste Anwärmung der nicht in die Bemessung genommenen Wände des Apparats und die fortdauernd von denselben stattfindenden Wärmeableitungen. Würde man, statt diese Versuche im Kleinen öfter zu wiederholen, den Apparat lieber mit demselben Material längere Zeit ununterbrochen im Feuer erhalten, so würde jener Verlust bis zur Unbedeutendheit verkleinert werden, während sonst die Wasserverdunstung hier immer nur halb so groß ausfällt, als sie bei anhaltender Feuerung zu sein pflegt. — Man kauft nur die relative Wärmemenge des Holzes und nicht die absolute, d. h. nur die, welche bei der Unvollkommenheit der gewöhnlichen Heizvorrichtungen benutzbar wird. Die aus diesen Versuchen erhaltenen Resultate stimmen daher mit der praktischen Erfahrung aus dem gemeinen Leben nicht überein und es stehen demnach die Marktpreise, als die zuverlässigsten Maßstäbe für den Gebrauchswerth damit keineswegs im Verhältniß.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche von Hartig und Werneck mit in der Ebene geschlossen erwachsenen Baumhölzern (Scheitholz) von mittlerem und haubarem Alter, im Winter gefällt und wohl ausgetrocknet. Sie sind nebst denen von Winkler und den schon oben (S. 383) gegebenen theoretischen von Petersen und Schödler mit den Marktpreisen des Scheitholzes nach dem Durchschnitte verschiedener Orte verglichen.

Brennbarkeitsverhältnisse nach gleichen Kubikräumen Holzmasse	nach Hartig		nach Werneck	nach Winkler	nach Schödler und Petersen	nach Marktpreisen
	ursprünglich	dieselben corrigirt v. Liebhaber				
Buchenholz v. 120 Jahren	100	100	100	100	100	100
Traubeneiche	97	69	85	93	94	55—80
Stieleiche	91	75	84	—	—	
Birke	86	97	85	81	81	70—80
Erle	57	23	53	—	72	50—60
Esche	101	99	103	109	103	—
Ulme	87	85	91	93	94	—
Ahorn	115	102	104	104	105	—
Hainbuche	107	80	103	—	110	100
Espe	71	30	63	—	—	50—60
Saalweide	76	35	58	—	—	—
Weißtanne	70	33	70	80	83	60—70
Fichte	78	31	71	70	73	
Kiefer	99	57	102	69	75	60—70
Lerche	71	38	77	—	75	—

Hartig's Versuche über die Brennkraft verschiedener Holzarten.

Zur besseren Veranschaulichung des Verfahrens bei der Bestimmung des Brennwerthes der Holzarten führe ich die Versuche von Hartig an, welche bei derlei Untersuchungen leiten können.

Er brachte einen 12 Zoll hohen, oben 16, unten 14 Zoll weiten, mit 45 Pfund jedesmal gleich kalten Wassers (bei möglichst gleichem Barometerstand) gefüllten kupfernen Kessel auf einen 10 Zoll dicken gemauerten

Ofen, 10 Zoll vom Herde entfernt. Das Schürloch war 10″ breit und 6″ hoch. Zwischen Kessel und Mauer, dem Schürloche gegenüber, war ein Zugloch angebracht, welches perpendiculär in die Höhe ging. Hierauf wurde das dürre Holz, welches im grünen Zustande mit den übrigen zum Versuche bestimmten Brennstoffen gleiches Volum gehabt hatte, mit einer stets gleichen Menge Stroh angezündet. Nun beobachtete er, in welcher Zeit das Thermometer am höchsten stand, die Zeit des Brennens bis zum Verlöschen der Kohle, den Thermometerstand beim Verlöschen der Kohlen, wie viel Wasser dabei in 12 Stunden verdampft worden war, wie viel Asche das Holz ließ, ob es heftig oder stät brannte, viel rauchte, zum Ausgehen neigte, ob das Feuer prasselte, knisterte oder spritzte rc.

Um das Wasser nicht zum Sieden kommen zu lassen, weil alsdann bei dem höchsten Wärmegrad des flüssigen Wassers alle Temperaturmessung aufhören muß, wendete er zu diesen Versuchen nie mehr als 200 Kubikzoll Holz an und suchte deshalb auch einen möglichst gleichen Barometerstand zu haben, weil die Verdampfung des Wassers von dem Luftdrucke abhängt. Ferner wurden die Versuche zu möglichst gleicher Jahres- und stets gleicher Tageszeit vorgenommen und das Feuer mit gleich dicken Stückchen Holz beständig gleich stark unterhalten. Das Holz war mit größter Vorsicht gewählt, berechnet und getrocknet. Er ließ es kurz vor Weihnachten, also außer der Saftzeit fällen, und sah so viel als möglich darauf, daß Boden und Lage, wo die Bäume wuchsen, von gleicher Beschaffenheit, der Stand gleich frei und das Alter verhältnißmäßig hoch war. Von jedem Stamme wurde 4 Fuß über dem Waldhieb ein Stück Holz genommen, wovon jedes verhältnißmäßig viel Kernholz und Splint enthielt und nach der genauesten Berechnung 200 rheinländische Kubikzoll betrug.

Diese Klötze und eben solche aus den Ästen von ausgewachsenen Stämmen und von anbrüchigem Holze wurden nach Frankfurter Schwergewicht abgewogen, in gleich dicke und gleich lange Scheite gehauen und so lange getrocknet, bis sie bei mehrmals wiederholter Untersuchung nichts mehr an Gewicht verloren, folglich den höchsten Grad von Trockenheit erlangt hatten. Hierauf wurden sie auf die angegebene Art verbrannt.

Außerdem untersuchte er mehrere Holzarten, die im Safte gefällt waren, um zu erfahren, welchen Unterschied dies bewirken würde. Folgende sind einige der wichtigeren Untersuchungen über die Brennbarkeit der meisten deutschen Waldhölzer:

1) Traubeneiche (Quercus Robur), Stammholz von einem 200jährigen Baume, bewirkte in 54 Minuten eine Hitze, welche das Wasser auf 77° C. brachte. In der nämlichen Zeit war das Holz vollständig verkohlt[1]). Nach 3 Stunden erloschen die Kohlen, das Thermometer war bis auf 52° C. gesunken und nach 12 Stunden waren 4 Pfund 16 Loth

1) Bei allen Versuchen stand das Thermometer am höchsten, wenn die letzte Flamme aufloderte. Sobald das Flammfeuer aufhörte, blieb das Thermometer stehen und sank dann.

Wasser verdunstet. Die zurückgebliebenen Kohlen wogen $7^3/_4$ Loth, die Asche $^3/_4$ Loth.

Übrigens brannte das Feuer ziemlich lebhaft, doch prasselte die Flamme und die Kohlen neigten sich zum Erlöschen, wenn das Feuer nicht immer stark unterhalten wurde.

2) Stieleiche (Quercus pedunculata), Stammholz von einem 190jährigen Baume. In 45 Minuten stieg das Thermometer auf 77° C. und das Holz war vollständig verkohlt, die Kohlen erloschen nach 2 Stunden 45 Minuten, wo das Thermometer auf 52° C. stand, und nach 12 Stunden waren 4 Pfund 8 Loth Wasser verdampft. Die zurückgebliebene Kohle wog $7^1/_2$ Loth, die Asche $^3/_4$ Loth. — Das Verbrennen zeigte dieselben Eigenthümlichkeiten, wie Nr. 1.

3) Buche (Fagus sylvatica), Baumholz von einem 120jährigen Stamme, gab in 45 Minuten 77° Hitze. In 3 Stunden 45 Minuten erloschen die Kohlen und das Thermometer zeigte 52° C. Nach 12 Stunden waren 4 Pfund 8 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen $4^1/_2$ Loth, Asche $1^1/_4$ Loth.

Das Holz brannte sehr stät und heftig, ohne zu prasseln oder zu knistern, und war leicht in gleichförmigem Brande zu erhalten.

4) Hainbuche (Carpinus Betulus), Stammholz von 90 Jahren, gab in 50 Minuten 80° C. Hitze. In 3 Stunden 30 Minuten erloschen die Kohlen und das Thermometer stand auf 43° C. Nach 12 Stunden waren 5 Pfund 2 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen $2^1/_8$ Loth, Asche $^7/_8$ Loth.

Dieses Holz brannte vorzüglich heftig und gleichförmig.

5) Ahorn (Acer Pseudoplatanus), Stammholz von 100 Jahren, gab in 43 Minuten 80° Hitze. In 3 Stunden 45 Minuten waren die Kohlen erloschen und das Thermometer zeigte 60° C. Nach 12 Stunden waren 5 Pfund 10 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen $1^1/_4$, Asche $1^1/_4$ Loth.

6) Linde (Tilia europaea), Stammholz von 80 Jahren, gab in 40 Minuten 68° Hitze. In 1 Stunde 45 Minuten waren die Kohlen bei einem Thermometerstande von 57° C. erloschen. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund 24 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2, Asche $^9/_{10}$ Loth.

7) Birke (Betula alba), Stammholz von 60 Jahren, gab in 50 Minuten 71° Hitze. In 3 Stunden 5 Minuten waren die Kohlen verlöscht bei 50° C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund 24 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 3, Asche $^3/_4$ Loth.

8) Erle (Betula Alnus), Stammholz von 70 Jahren, gab in 45 Minuten 61° Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 50 Minuten bei 50° C. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 4, Asche $^7/_8$ Loth.

Die Flamme war dunkel und träge und das Feuer neigte oft zum Ausgehen, wenn es nicht stark war.

9) Espe (Populus tremula), Stammholz von 60 Jahren, gab in 40 Minuten 61° Hitze. Die Kohlen erloschen nach 2 Stunden 15 Minuten bei 49° C. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund 10 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2½, Asche 1 Loth.

Das Holz brannte sehr lebhaft, die Flamme knisterte und die Kohlen neigten etwas zum Erlöschen, wenn das Feuer nicht stark war.

10) Schwarze Pappel (Populus nigra), Stammholz von 60 Jahren, gab in 31 Minuten 47° Hitze. Die Kohlen erloschen in 2 Stunden bei 42° C. Nach 12 Stunden waren 2 Pfund 4 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2½, Asche 1 Loth.

Das Holz brannte faul und dunkel, die Kohlen neigten zum Erlöschen.

11) Italienische Pappel (Populus italica), Stammholz von 20 Jahren, gab in 30 Minuten 55° Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 20 Minuten bei 48° C. Nach 12 Stunden war 1 Pfund 24 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2, Asche ¾ Loth.

Nadelhölzer.

12) Lerche (Pinus Larix), Baumholz von 50 Jahren, gab in 40 Minuten 70° C. Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 38 Minuten bei 61° C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund 2 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohle 2¼, Asche ⅝ Loth.

Gab zwar eine ziemlich lebhafte Flamme, doch prasselten und spritzten die Kohlen sehr und waren zum Erlöschen geneigt, wenn das Feuer nicht sehr stark war.

13) Kiefer (Pinus sylvestris), Baumholz von 125 Jahren, gab in 70 Minuten 87° Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 50 Minuten bei 67° C. Nach 12 Stunden waren 5 Pfund 8 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2¾, Asche 1 Loth.

Brannte sehr gut und heftig, aber mit dickem, unangenehmem Rauch.

14) Edeltanne (Pinus Abies), Stammholz von 80 Jahren, gab in 32 Minuten 69° Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 10 Minuten bei 64° C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2¾, Asche 1 Loth.

Flamme heftig, knisterte wie bei Kieferholz, gab aber weniger und keinen so unangenehmen Rauch.

15) Fichte (Pinus picea), Stammholz von 100 Jahren, gab in 55 Minuten 74° Hitze. Die Kohlen erloschen nach 1 Stunde 30 Minuten bei 65° C. Nach 12 Stunden waren 3 Pfund 28 Loth Wasser verdampft. Rückständige Kohlen 2½, Asche 1 Loth.

Die übrigen Eigenschaften wie bei Pinus Abies.

Berechnung des Holzwerthes nach dessen Brennkraft.

Um aus diesen Resultaten eine Taxation der Hölzer zu machen, nimmt man eine Holzart zum Maßstab. Gewöhnlich wählt man das Buchenholz als Einheit. Will man z. B. den Werth des Espenholzes nach dem des Buchenholzes ermitteln, so berechnet man denselben:

1) nach dessen höchsten Hitzegrad: Die 77 Grade Hitze, welche das Buchenholz gibt, seien 18 Gulden rh. (Preis einer Klafter) werth. Gibt das Espenholz 61 Grade Hitze, so ist $77 : 18 = 61 : x = \frac{61 . 18}{77}$ $= 14{,}25 = 14$ Fl. 15 Xr.

2) nach der Dauer der Hitze: Das Buchenholz gibt 3 Stunden 45 Minuten = 225 Minuten lang eine Hitze von 52° C. und das Espenholz 135 Minuten lang von 49° C. Man findet daraus nach der Regel de quinque:

$$225 : 135 = 18$$
$$52 : 49 = x$$
$$225 . 52 : 135 . 49 = 18$$
$$11700 : 6615 = 18 : \frac{6615 . 18}{11700} = 10{,}17 \text{ Fl.} = 10 \text{ Fl. } 10 \text{ Xr.}$$

3) nach der verdampften Wassermenge: Das Buchenholz verdampft 4 Pfund 8 Loth = 136 Loth, das Espenholz 2 Pfund 10 Loth = 74 Loth. Es ist also $136 : 74 = 18 : x = 9{,}8$ Fl. = 9 Fl. 48 Xr.

Nun gibt der Durchschnitt vorstehender 3 Resultate $= 14{,}25 + 10{,}17 + 9{,}8 = 33{,}50$; $\frac{33{,}50}{3} = 11{,}17$ Fl. = 11 Fl. 10 Xr. den verhältnißmäßigen Preis des Espenholzes, welcher freilich vom wirklichen Marktpreise bedeutend abweicht, indem z. B. die Klafter Espenholz auf 6—8 Fl. stand, während das Buchenholz 18 Fl. kostete. Die Berechnung ist immer mangelhaft, so lange nicht die Zeit mit berücksichtigt wird, bis zu welcher das Wasser den höchsten Temperaturgrad angenommen hat.

Aus dem Brennwerthe für gleiche Volume verschiedener Holzarten erhält man den für gleiche Gewichte durch einfache Proportion: Es verhält sich nämlich das specifische Gewicht zum Brennwerthe wie 1 : x.

Ein Hauptmangel der Brennwerthbestimmung des Holzes nach der verdampften Wassermenge besteht außer dem Übelstande des wechselnden Barometerstandes in dem Entweichen eines großen Theils der Wärme. Auch die Bestimmung nach der bei der trockenen Destillation erhaltenen Menge brennbarer Bestandtheile ist unrichtig, weil die Zersetzung des Holzes im abgeschlossenen Raume von der beim Zutritte der Luft bedeutend abweicht (vgl. unter Kohlenbrennerei). Die wichtigsten Resultate gibt das Calorimeter [1]).

Physische Fehler des Holzes.

Zu den physischen Fehlern und Eigenthümlichkeiten des Holzes, die es zu technischen Zwecken untauglich machen, rechnet man

1) **Risse** oder Klüfte. Längenrisse werden **Kern**- oder **Eisklüfte** genannt. Kernrisse entstehen gewöhnlich an alten oder auf feuchtem Boden erwachsenen Stämmen. Eisklüfte entstehen durch Frost, besonders

1) Die Beschreibung und Abbildung der Calorimeter von Rumford und Dulong s. in Pouillet's Lehrb. d. Physik, bearbeitet von Müller. 2. Aufl. Braunschweig, Vieweg. 1845. II. S. 444—446.

an der Südseite, wenn der darauf liegende Schnee aufthaut und gleich darauf wieder gefriert.

2) **Kernschäle** ist vorhanden, wo die Verbindung zweier Holzlagen durch eine Kluft unterbrochen ist. Sie kann durch Windstürme entstehen und findet auch statt beim Kopfholz wegen zu großem Andrang des Saftes nach dem Abköpfen. Die Entstehung von **Harzgallen** kommt von Eisklüften und Schälrissen her.

3) **Doppelter Splint** entsteht, wenn frühe Herbstfröste und kalte Winter das Reifen der Splintlagen hindern.

4) **Aststellen** kommen von abfallenden Ästen, **Auswüchse** von früh abgehauenen Ästen und **Knoten** von abgestorbenen Nebenschossen.

5) **Wimmeriger** und **maseriger Wuchs** entsteht durch wellenförmige und krause Verschlingung der Fasern, wenn mehrere Knospen und Wasserreiser nicht zum Ausbruche kommen.

6) **Gedrehter, spiralförmiger Wuchs** macht das Holz untauglich zum Spalten und nimmt ihm die Kraft. Er soll durch starke Winde und ungleiche Äste entstehen.

7) **Anbrüchiges** Holz heißt dasjenige, welches schon in seinem Leben rückgängig wird. Mit der Desorganisation des Holzgewebes ist dann auch gewöhnlich Entstehung von Schwämmen, Flechten und Moosen, so wie Verwüstung durch Insekten verbunden.

Die Rinde

Chemische Zusammensetzung der Rinde.

hat im Ganzen dieselbe Zusammensetzung, wie das Holz, doch ist sie reicher an den verschiedenen eigenthümlichen Stoffen, welche den Gewächsen theils zur Nahrung dienen, theils als unbrauchbar ausgeschieden werden, namentlich an Harz; auch enthält sie unter allen Pflanzentheilen die meiste Kieselerde (vgl. S. 387). Die Rinde ist daher weit häufiger der Gegenstand chemischer Untersuchungen gewesen, als das Holz. Von den bei uns einheimischen Bäumen wurde z. B. die Rinde der Rainweide (Ligustrum vulgare) genauer untersucht. Polex fand darin eine eigenthümliche Substanz (das Ligustrin), Mannit, krystallisirbaren Zucker, Schleimzucker, Gummi, Stärkmehl, Chlorophyll, bitteres Harz, bitteren Extraktivstoff, eisenbläuenden Gerbstoff, Eiweiß, Faserstoff und Salze, namentlich von Magnesia.

Die Fichtenrinde, Pinus sylvestris, besteht nach Du Menil in 1000 Theilen aus

Pektin	173
Gummi	24
Leim	5
Stärkmehl	59,25
Bitterstoff oder gefärbtes Subalkaloid	70
Hartharz	90
Weichharz	60
Wachs	13

das Übrige (505,75) ist Faserstoff nebst einer eigenthümlichen Säure (vielleicht Ameisensäure, welche Laurent wenigstens im Terpentinöl fand).

Die Birkenrinde wurde von John und Gauthier untersucht. Sie fanden darin:

	Gauthier	John
Harz	46,50	33,33
Extraktivstoff	11,25	1,66
Gummi	—	4,16
Korkstoff	23,00	60,83
Gallus- und Gerbsäure	5,5	nicht bestimmt.
Thonerde	2,00	
Eisenoxyd	4,50	
Kieselerde	3,75	
Kalk	2,50	
Verlust	1,25	

In der Rinde eines 5 Zoll dicken lufttrockenen Astes der Rothbuche fand ich:

In Äther lösliches Weichharz, Wachs und Fett	1,236
In Äther, Weingeist und kochender Sodalösung auflösliches, rothbraunes Harz	0,100
Desgleichen von holzbrauner Farbe, in letzterer nicht löslich	0,400
In Weingeist lösliches rothbraunes Harz	2,666
Gerb- und Gallussäure	1,000
In Weingeist und Wasser löslicher Extraktivstoff	2,125
In kaltem Wasser löslicher Extraktivstoff nebst Gummi, welcher beim Verbrennen 0,390 Asche hinterließ	2,418
In kochendem Wasser löslicher Extraktivstoff, welcher 0,500 Asche lieferte	2,666
Pektin	0,660
Faserstoff	65,339
Wasser	21,000

In der Seidelbastrinde fanden C. Gmelin und Bär: Wachs, scharfes Harz, einen eigenthümlichen krystallisirbaren Stoff (Daphnin), gelben Farbstoff, zuckerartiges Extrakt, Gummi, braunrothes Extrakt, freie Äpfelsäure und Verbindungen derselben mit Kali, Kalk und Bittererde, vielleicht auch mit Eisenoxyd und Thonerde, phosphorsauren Kalk, Spuren von phosphorsaurem Kali, Holzfaser und Kieselerde[1]).

Die Rinde enthält, wie das Holz, nur im Winter Stärkmehl, jedoch in bedeutenderer Menge (vgl. S. 308), die mancher Espen und Fichten ist so reich daran, daß man es durch Zerreiben der Rinde und Auswaschen, wie die Kartoffelstärke, daraus gewinnen kann, und in Schweden

1) Die Untersuchung der Rinde von Pinus sylvestris, Platanus acerifolia und Betula alba von Stähelin und Hoffstetter, welche indeß keine quantitativen Angaben liefert, s. in den Ann. der Chem. u. Phys. 51. S. 63—80; pharm. Centralbl. 1844. S. 810—815.

wird zur Zeit der Noth aus Fichtenrinde Brod gebacken; auch soll man Schweine damit mästen.

Viele Rinden, und vielleicht alle, enthalten besondere eigenthümliche Stoffe, so die Rinde der Weiden und Pappeln Salicin, die Pappelrinde auch Populin, die Eschenrinde Fraxinin, die der Traubenkirsche Amygdalin, die Wurzelrinde des Birn- und Pflaumenbaums Phlorrhizin, die Birkenrinde Betulin, die Eschen- und Roßkastanienrinde Schillerstoff, Faulbaum- und Traubenkirschenrinde enthalten Blausäure oder vielmehr Amygdalin, aus dessen Elementen erstere bei der Destillation entsteht, die Rinde von Pinus sylvestris, Platanus acerifolia und Betula alba, (vielleicht alle braungefärbten Rinden) enthalten nach Stähelin und Hofstetter einen rothbraunen Farbstoff (Phlobaphen). Die Rinde der großen Brennnessel (Urtica dioica) enthält (im Herbste) einen rothen, die Berberitzen-, Hainbuchen-, Weiden- und Faulbaumrinde enthält gelbe, die Wallnuß-, Birken-, Erlen- und Eschenrinde braune Farbstoffe. Die größte Wichtigkeit in technischer Beziehung erhalten die Rinden der Forstgewächse durch den bedeutenden Gerbstoffgehalt, wodurch sich die Rinden der meisten Bäume und Sträucher auszeichnen. Der Gerbstoff, welcher an der Luft leicht in Gallussäure übergeht, kommt meist in Gesellschaft von schon fertiger Gallussäure vor.

Die Blätter

Chemische Zusammensetzung der Blätter.

enthalten weit mehr Wasser und weniger Faserstoff als Holz und Rinde, dagegen aber von den übrigen festen Stoffen, welche in den Pflanzen vorkommen, weit größere Mengen als diese. Sie zeichnen sich insbesondere durch ihren bedeutenden Gehalt an Chlorophyll oder Blattgrün und an Salzen aus (vgl. S. 387). In 100 Theilen frischen jungen Birkenblättern fand Graßmann:

Flüchtiges Öl mit Wachs	0,3
Gelbes bitteres Extrakt, freie Säure, Gummi und Eiweißstoff	11,4
Harz, Blattgrün, Wachs und Pflanzenfaser	33,8
Wasser	54,5
	100,0

In den Nadeln des Lerchenbaums fand John: grünes Cerin, grünes weiches Harz, eisengrünenden Gerbstoff, wenig Extraktivstoff, dem verhärteten Eiweiß ähnliche Materie, viel Holzfaser, doppeltweinsteinsaures Kali, Spuren von weinsteinsaurem Kalk und vielleicht auch Gerbstoff.

Auch an Gerbstoff sind einige Blätter reich. Die unter dem Namen Galläpfel bekannten Auswächse der Färber- oder Galläpfeleiche, Quercus infectoria, enthalten nach Humphry Davy:

Gerbsäure (ausgefällt durch eine thierische Haut)	26,0
Schleim- und Extraktabsatz	2,4
Gallussäure mit etwas Extraktivstoff	6,2
Kalk- und andere Salze	2,4
Pflanzenfaser	63,0

Die Blätter der Bärentraube, Arbutus uva ursi, enthalten nach Meißner:

Gallussäure	1,200
Gerbsäure	36,400
Harz	4,400
Extraktivstoff mit saurer äpfelsaurer Kalkerde und Spuren von Chlornatrium	3,312
Extraktabsatz mit citronensaurer Kalkerde	0,862
Gummi	15,700
Extraktivstoff, beide durch Ätzkali ausgezogen (das erste enthält wahrscheinlich Pektinsäure, der zweite Gerbsäureabsatz)	17,600
Holzfaser	9,600
Wasser	6,000

In vielen Blättern finden sich Alkaloide. So enthalten die Blätter der Belladonna Atropin. Brandes fand darin:

Wachs	0,7
Blattgrün	5,84
In Alkohol lösliche stickstoffhaltige Substanz (Pseudotoxin) nebst Salzen	16,05
Stickstoffhaltige, in Alkohol unlösliche Materie Phyteumacolla)	6,90
Gummi	8,33
Stärke	1,25
Pflanzeneiweiß, aus der Infusion coagulirt	4,7
Desgleichen aus dem nach dem Kochen mit Wasser unlöslichen Theile durch Ätzkali ausgezogen	6,00
Pflanzenfaser	13,70
Saures äpfelsaures Atropin	1,51
Salze, schwefelsaure, salpetersaure, phosphorsaure, oxalsaure und Chlorüre von Kali, Ammoniak, Kalk und Bittererde	7,47
Wasser	25,8
Verlust	2,05

In der Asche fand er Kupferoxyd.

Die Blätter des Stechapfels enthalten Daturin. Promnitz fand außerdem in den frischen Blättern:

Grünes Satzmehl	0,64
Pflanzeneiweiß	0,15
Harz	0,12
In Alkohol und Wasser löslicher Extraktivstoff	0,60
Gummi	0,58
Schwerlösliche Erdsalze	0,23
Pflanzenfaser	5,15
Wasser	91,25
Verlust	1,28

Die Blätter des rothen Fingerhuts, der seine Giftigkeit dem Digitalin zu verdanken scheint, enthalten nach Radig:

Pikrin (Le Royers Digitalin) . . .	0,4
Digitalin	8,2
Scharfen Extraktivstoff (Skaptin) . .	14,7
Blattgrün	6,0
Pflanzeneiweiß	9,3
Essigsäure (?)	11,0
Eisenoxyd	3,7
Kali	3,2
Pflanzenfaser	43,6
	100,0

Die Blätter des Bilsenkrauts enthalten Hyoscyamin, die des gemeinen Schierlings Coniin, die der Solaneen Solanin. Andere enthalten indifferente krystallisirbare Stoffe, wie die Pappelblätter das Populin, die Pappel- und Weidenblätter das Salicin. Die Blätter des Faulbaums und vieler Drupaceen enthalten Amygdalin. Viele Blätter liefern Farbstoffe, so die der Roßkastanie, Erle, Birke, des Färbeginsters, der Wolfsmilch, der Kartoffel, des Faulbaums, der Hauhechel, Weide, Linde, Pappel und Eiche, des Birn- und Maulbeerbaums gelbe, die Blätter der gemeinen Heide, Erica vulgaris, einen pomeranzengelben, die des Wallnußbaumes einen braunen Farbstoff. Die Nadeln der Rothtanne, Pinus Abies, (wahrscheinlich auch die anderer Nadelhölzer) enthalten nach Gottschalk ein vom Terpentinöl verschiedenes, aber durch schmelzendes Kali in Terpentinöl überführbares ätherisches Öl, welches die Ursache des angenehmen Geruches der Tannenwälder ist und an der Luft wahrscheinlich in Terpentinöl übergeht. Die Blätter des Quendels, Thymus Serpyllum, enthalten 0,07, die des Dost, Origanum vulgare, 0,15, des Wermuths 0,5 Procent ätherisches Öl. Die meisten ätherisches Öl enthaltenden Blätter gehören den Labiaten an.

Die Blüten

Chemische Zusammensetzung der Blüten.

sind durchschnittlich reich an Zucker, Farbstoff und oft auch an ätherischem Öl, der Blütenstaub an Wachs. In den Lindenblüten fanden Siller und Herberger folgende Bestandtheile:

	Blüten		Bracteen
	Herberger	Giller	Herberger
Wasser	73,8	73,00	77,0
Ätherisches Öl	0,1		
Chlorophyll und Fett	0,2	0,78	0,5
Harz von etwas gewürzhaftem Geschmacke		1,98	
Anthoxanthin	0,9		0,5
Antholeucin	1,2		0,7
Eisengrünender Gerbstoff	0,2		0,6
Zucker und äpfelsaures Kali	2,9	3,3	0,9
Doppeltweinsteinsaures Kali	0,2		0,1
Cerin	0,3		Spuren
Fett	0,5		0,3
Pflanzeneiweiß	0,4	0,78	0,3
Pflanzenleim	0,2		0,2
Pflanzenschleim		4,70	
Cerasin (Arabin)	0,1		0,4
Traganthin (Pektin)	3,4		1,4
Schwach bitter schmeckender Extraktivstoff	0,7	1,63	1,4
Pflanzensaures Kalksalz	0,3		0,3
Faserstoff und Asche	13,6	14,00	16,5
Verlust		0,1	
	100,0	100,00	100,0

Zur Vergleichung mögen noch dienen:

Die Analyse der römischen Kamillenblüten, Anthemis nobilis, von Wyß:

Wachs	1,50
Chlorophyll und Fett	3,63
Harz	5,25
Bittere, in Äther lösliche Substanz	4,00
In Alkohol lösliches Extrakt	3,12
Nur in Wasser lösliches Extrakt	5,50
Mit Salzsäure ausgezogenes Extrakt nebst Kalkphosphat	7,75
Kalisulphat und -tartrat, Chlorkalium und Kalkmalat	1,88
Eiweiß	1,50
Gummi	0,75
Pflanzenfaser	62,00
Flüchtiges Öl und Gerbsäure	Spuren
	96,88

Die Analyse der Ringelblumen, Calendula officinalis, von Geiger:

Gelbgrünes, weiches Harz	3,44
Bitterer Extraktivstoff	19,13
Gummi	1,5
Stärke	1,25
Ringelblumenschleim	3,50
Pflanzeneiweiß	0,62
Freie Äpfelsäure mit bitterem Extrakt	6,84
Äpfelsaures Kali	5,45
Äpfelsaurer Kalk	1,47
	43,20

Transport	43,20
Chlorkalium	0,66
Pflanzenfaser	62,5
Überschuß	7,33
	113,69

Die Blüten der Klatschrose (Papaver Rhocas L.) enthalten nach Beetz und Ludwig 15 feste Substanzen auf 85 Wasser. Von ersteren sind nach Riffard 12 gelbes Fett, 40 rother Farbstoff, 20 Gummi und 28 Pflanzenfaser.

Die Blüten der Traubenkirsche (Prunus Padus) enthalten nach John:

Flüchtiges Öl, Harz und Wachs	Spuren
Extraktivstoff	2,5
Gerbstoff mit Schleimzucker und Chlorcalcium	2,0
Gummi	3,0
Holzfaser	10,0
Rothbraune, eiweißartige Substanz	12,5
Wasser mit Blausäure und einem Ammoniaksalz	70,0

Der Gehalt an ätherischem Öl beträgt bei den Lindenblüten 0,1 Procent nach Herberger (durch Destillation erhält man nach Winkler nur 0,023), bei den Kamillenblumen 0,05, bei denen der Schafgarbe, Achillea Millefolium, 0,09, bei Rainfarren, Tanacetum vulgare, 0,5. Geringere Mengen von Öl enthalten die Hollunder- (Samb. nigra und Syringa vulgaris), Acacien-, Maiblumen &c.

Der **Samenstaub** der Blüten (Pollen) besteht in der Regel aus frei liegenden Körnern von 1/300 bis 1/20 Linie Durchmesser, in jeder Pflanze von ziemlich gleicher Größe, selten aus zusammenhängenden mehr oder minder leicht trennbaren Conglomeraten. Die Körner bestehen aus zwei, seltener einer oder drei Häuten mit einer eingeschlossenen Masse. Die äußere wird von concentrirter Schwefelsäure fast nicht angegriffen, weil sie von Wachs durchdrungen ist, wohl aber gesprengt; die innere wird zerstört.

Der Samenstaub der Fichte, Pinus Abies, enthält nach John:

Wachs mit Spuren von flüchtigem Öl	2,25
Braungelbes weiches Harz	4,00
Zucker mit etwas Extraktivstoff	4,5 bis 5,0
Pflanzeneiweiß	4,0 bis 5,0
Gummiartige, durch Gerbsäure fällbare Materie nebst Kali-, Ammoniak-, Kalk- und Bittererdemalat	6,0
Kalisulphat und Phosphat, Chlorkalium, Kalk- und Eisenoxydphosphat	3,0
Pollenin	75,25

In dem der Fichte (Pinus sylvestris) fand er:

Etwas Wasser nebst einer fade riechenden flüchtigen Substanz	
Gelblich weißes, nicht klebendes Wachs (Cerin)	2,00
Öl	eine Spur
Braungelbes Weichharz	3,75

Zucker mit etwas scharfem Extraktivstoff	5,00
Pollenin	77,25
Eiweißstoff	4—5,00
Äpfelsaures Ammoniak	eine Spur
Schwefelsaures, phosphorsaures Kali und Chlorkalium . . .	3
Schwefel	Spuren.

Ähnliche Resultate lieferte auch die Untersuchung des Pollens von Corylus avellana nach Stolze (Sprengel's Bau der Gewächse), des Pollens vom Dattelbaum nach Fourcroy und Vauquelin[1]), der Tulpe von Grotthuß und John[2]) und der Calla aethiopica von Brandes[3]).

Man versteht gewöhnlich unter **Pollenin** einen eigenthümlichen vegetabilisch-animalischen Bestandtheil des Pollens, der weder Pflanzeneiweiß, noch Pflanzenleim ist, welcher aber Stickstoff enthält, sich weder in Wasser oder Alkohol, noch in Alkalien, wohl aber in concentrirten Säuren auflöst, mit großer Lebhaftigkeit verbrennt und im feuchten Zustande unter Entwickelung eines käseartigen Geruchs leicht in Fäulniß übergeht. Nach Fritsche ist es jedoch keine homogene Substanz, sondern ganz dem unveränderten Pollen gleich und besteht wie dieses aus mehreren chemisch unterscheidbaren Substanzen. Der Pollen erleidet weder durch Wasser, Alkohol oder Äther weder kalt, noch beim Kochen eine Veränderung. Kocht man ihn aber mit verdünnter Ätzkalilösung, so scheint es zwar, als würde der Inhalt aufgelöst, so daß blos die Häute zurückbleiben. Aber beim Trocknen des Rückstandes findet man, daß die Körner nur aufgelockert worden waren und der größte Theil des Inhalts noch vorhanden ist. Auch durch verdünnte Schwefelsäure gelingt die Trennung nicht. Eine vollkommene Analyse des Pollens steht daher noch zu erwarten[4]).

Die Blüten der Drupaceen enthalten Amygdalin, viele enthalten Eisen und Spuren von Mangan (Hünefeld), die Weidenblüten Salicin. Stärkmehl scheint selten darin vorzukommen. Hünefeld erhielt bei der Untersuchung von 30 verschiedenen Blüten nur bei vieren eine deutliche Reaction mit Jod.

Zu den Honig liefernden Blüten gehören vorzüglich die der Linde, der Ahorne, des Kreuzdorns, des Faulbaums, der Hauhechel, der Rainweide, des Geisblattes. Wachs liefert der Blütenstaub der Fichten, Föhren, Lerchen ꝛc. Einen rothen Farbstoff liefern die Blüten der Rosen, des Feldmohns, einen blauen die Veilchen, Glockenblumen, die Adlerblume, Aquilegia vulgaris, der Rittersporn, die Kornblume, einen gelben die Blüten des Ginsters, der Acacie, der Kartoffel.

---

1) Gilbert's Ann. 15. S. 298.

2) Schweigger's Journ. 11. S. 281 u. 12. S. 244.

3) Archiv d. Pharm. 4. S. 53—56; pharm. Centralbl. 1836. S. 111.

4) Vgl. Fritsche über Pollen und Pollenin in Poggendorff's Ann. 32. S. 481—492; pharm. Centralbl. 1835. S. 33—36 u. 49—52.

Früchte.

In der Frucht concentriren sich die Nahrungsstoffe am meisten, während sie in dem Safte der übrigen Theile durch Wasser verdünnt sind. Der Faserstoff tritt zurück, Gummi, Eiweiß, Stärkmehl, Pflanzenleim und Zucker sind vorherrschend, Gummi mit Zucker besonders in den fleischigen Samenhüllen, wie in den Früchten der Rose, der Heidel-, Hollunder-, Kreuzdorn-, Him-, Erd- und Wachholderbeeren, das Eiweiß mit Stärkmehl in den Kastanien, Pflanzenleim mit Stärkmehl in den Eicheln, Pflanzenleim mit Stärkmehl und Eiweiß in den Samen der Gräser, Eiweiß und Gummi mit fettem Öle in den Bucheln, Hasel- und Wallnüssen ꝛc.

Chemische Zusammensetzung der Früchte.

Die fleischigen Samenhüllen enthalten auch häufig Pektin und beträchtliche Mengen von freien Pflanzensäuren, gewöhnlich Äpfel- und Citronensäure, wie namentlich die Berberitzen- und Vogelbeeren, welche fast blos Äpfelsäure, die Heidel-, Erd-, Molte- und Himbeeren (Rubus Chamaemorus und R. idaeus), welche halb Äpfel-, halb Citronensäure, die Moos- und Preußelbeeren (Vaccinium Oxycoccus und Vitis idaea), welche Citronensäure fast ganz ohne Äpfelsäure enthalten.

Die Weinsteinsäure bildet gewöhnlich ein saures Kalisalz, wie in den Maul-, Wein- und Gerbersumachbeeren.

Die Essigsäure soll in einigen Samen vorkommen und zwar meist frei, so im Reissamen (eine Spur) nach Braconnot, in den Leinsamen nach Mayer und Vauquelin, in den Mandeln (0,5 Procent) nach Boullay, allein sie scheint, wie im Birken- und Ahornsaft, erst durch Zersetzung des Zuckers entstanden zu sein.

Oxalsäure scheint in den Früchten und Samen nicht vorzukommen, außer etwa in den Haaren der Kichererbse (frei).

Unter allen Pflanzentheilen enthalten die Samen die größte Menge phosphorsaurer Salze. Vgl. die Aschenanalysen S. 388.

Wegen dieses Vorwaltens der Nahrungsstoffe über den Faserstoff bilden vorzugsweise die Früchte die Nahrung der Thiere, und auch der Mensch kann sie roh genießen, während er die übrigen Pflanzentheile gewöhnlich nur im gekochten Zustande zu verdauen vermag.

Einige enthalten ätherische Öle, wie die Himbeeren (woraus es Blei isolirte) [1]), Erdbeeren und die Samen vieler Doldengewächse, mehrerer Cruciferen ꝛc. Die Senfsamen geben 0,1, der Kümmel 0,4, der Wasserfenchel 0,5, die Wachholderbeeren 1, der Dillsamen 3 Procente ätherisches Öl.

Einige enthalten auch Färbstoffe, einen rothen die Berberitzenfrüchte, die Himbeeren, Hollunder-, Attig-, Heidel-, Liguster- und überreifen Kreuzdornbeeren, einen grünen die reifen Kreuzdornbeeren, einen blauen die Früchte des Faulbaums, einen violetten die Früchte des Mahalebstrauchs und die Brombeeren, einen gelben die unreifen Kreuzdornbeeren und die Samen des rothen Wiesenklees (Trifolium pratense), einen braunen die

1) Archiv d. Pharm. 13. S. 248.

Schalen der Wallnüsse. Die Färbung der Oberhaut der Früchte, wie bei den Äpfeln, Pflaumen, Vogelbeeren rc. beruht nach Mulder auf der Gegenwart eines wachsartigen Farbstoffs.

Andere enthalten enthalten verschiedene giftige Stoffe, so die Tollkirschen und Stechapfelsamen Alkaloide, das Atropin und Daturin, die Spindelbaumbeeren ein scharfes Harz, der Seidelbast ein im höchsten Grade scharfes fettes Öl.

Wegen ihres Gehaltes an nutzbaren fetten Ölen sind wichtig die Buchensamen mit 12, die Hundebeeren (Cornus sanguinea) mit 17, die Rothtannen- (Pinus picea) und Fichtensamen (Pinus sylvestris) mit 24, die Distelsamen (Onopordon Acanthium) mit 25, die Wausamen (Reseda luteola) mit 30, die Wallnüsse mit 50 und die Haselnüsse mit 60 %.

Die Früchte der Nadelhölzer sind neueren Versuchen zufolge [1]) so reich an Gerbstoff, daß sie ein gutes Gerbmaterial liefern. Kiefer- und Lerchenbaumzapfen enthalten fast ebensoviel als Eichenrinde, die übrigen ⅓ weniger.

Als Beispiele für Früchte und Samen mögen folgende Analysen dienen.

1) Vorwalten des Zuckers nebst Gummi: Früchte der Rosa canina nach Bilz:

Flüchtiges Öl	Spuren
Fettes Öl	0,065
Wachs	0,050
Harz	1,860
Eisengrünende Gerbsäure	0,260
Gummi	25,000
Nicht krystallisirbarer Zucker	30,000
Citronensäure	2,950
Unreine Äpfelsäure	7,760
Pflanzenfaser	14,000
Epidermis	4,552
Wasser	12,865

In den Früchten von Mespilus Pyracantha fand Santagata 11 Zucker, 20 Gummi, 4 Wachs, 1,5 Gerbstoff, 1,5 Farbstoff und 62 Holzfaser.

Die Wachholderbeeren enthalten nach Trommsdorff 33,8 Procent Zucker und 7 Gummi nebst 10 Harz.

2) Eiweiß mit Stärkmehl: Roßkastanienfrüchte nach Hermbstädt:

Fettes Öl	1,21
Bitterer Extraktivstoff	11,45
Gummi	13,54
Eiweiß	17,19
Stärke	35,42
Faserstoff	19,78
	98,59

1) Corniquel im Moniteur industriel, sächs. Gewerbebl. 1844. S. 395.

3) Pflanzenleim mit Stärkmehl: Eicheln (Quercus Robur) nach W. Brande:

Stärkmehl	20,28
Pflanzenleim	18,00
Gerbsäure	2,86
Faser	7,15
Extraktivstoff und Wasser	51,71

4) Pflanzenleim mit Stärkmehl, Gummi und Eiweiß: Roggensamen (Secale cereale) nach Einhof:

Samenhülse 24,2, Mehl 65,6, Wasser 10,2. Im Mehle:

Stärke	61,07
Pflanzenleim	9,48
Pflanzeneiweiß	3,28
Nicht krystallisirender Zucker	3,28
Gummi	11,09
Pflanzenfaser	6,38
Unbestimmte Säure und Verlust	5,62

Der Weizen enthält nach Fuß 15 Pflanzenleim, 56 Stärkmehl, 0,15 Eiweiß, nach de Saussure 11,75; 73,72; 1,43, gekeimt 7,64; 65,80; 2,67 mit Zunahme des Zuckers von 2,44 auf 5,07 und des Gummi von 3,46 auf 7,91. Die Gerste 3,52; 57; 1,15. — Die unter den Aschenanalysen erwähnten Phosphate blieben bei diesen Untersuchungen unberücksichtigt.

5) Eiweiß und Gummi mit fettem Öl: Hanfsamen nach Buchholz:

Fettes Öl	19,1
Eiweiß	24,7
Gummi	9,0
Bitteres Extrakt mit Zucker	1,6
Harz	1,6
Faserstoff, Hülsen und Schalen	43,3
Verlust	0,7
	100,0

Die Bilsenkrautsamen enthalten nach Brandes 19,6 Öl, 4,5 Eiweiß und 2,4 Pflanzenschleim.

6) Ölsamen, worin das Eiweiß durch Schleim vertreten ist: Leinsamen nach Leo Mayer:

Fettes Öl	11,265
Wachs	0,146
Weiches Harz	2,488
Harzartige färbende Materie	0,550
Gelbe gerbsäureähnliche Materie	0,926
Gummi	6,154
Pflanzenschleim	15,120
Stärke	1,480
Gluten	2,932

Pflanzeneiweiß	2,782
Zuckerartiger Extraktivstoff	10,884
Umhüllung nebst unausgezogenem Pflanzenschleim	44,382

Außerdem fand er noch freie Essigsäure, essigsaures und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, phosphorsaure und schwefelsaure Kalkerde, phosphorsaure Magnesia und Kieselerde.

7) Säuerliche Saft- und Fleischfrüchte: a) Stachelbeeren (Ribes grossularia) nach Bérard:

	unreife	reife
Harziges Blattgrün	0,03	—
Zucker	0,52	6,24
Gummi	1,36	0,78
Pflanzeneiweiß	1,07	0,86
Äpfelsäure	1,80	2,41
Citronensäure	0,12	0,31
Kalk	0,24	0,29
Pflanzenfaser nebst den Kernen	8,45	8,01
Wasser	86,41	81,10

b) Kirschen und Äpfel nach demselben:

	Kirschen		Äpfel		
	unreife	reife	reif und frisch	aufbewahrt	morsch
Harziges Blattgrün	0,05	—	0,08	0,01	0,04
Farbstoff	nicht	bestimmt			
Zucker	1,12	18,12	6,45	11,52	8,77
Gummi	6,01	3,23	3,17	2,07	2,62
Pflanzenfaser	2,44	1,12	3,80	2,19	1,85
Pflanzeneiweiß	0,21	0,57	0,08	0,21	0,23
Äpfelsäure	1,75	2,01	0,11	0,08	0,61
Kalk	0,14	0,10	0,03	0,04	Spur
Wasser	88,28	74,85	86,28	83,88	62,72

Die sibirischen Eisäpfel enthalten nach Lampadius:

Zucker	3,10
Gummi	4,03
Faser mit Eiweiß	3,45
Äpfelsäure	1,20
Gerb- und Extraktivstoff	2,42
Wasser	80,09

Die Rosenfrüchte scheinen (vgl. S. 438) noch mehr Säure (7 % Äpfelsäure) zu enthalten, allein es sind dort die festen Bestandtheile überhaupt in größerer Menge vorhanden, da sie nur 1/7 von dem Wassergehalte der Äpfel besitzen.

Äpfel und Birnen enthalten ganz kurze Zeit vor dem Reifen auch Stärkmehl, welches aber bald wieder verschwindet, unter Verwandlung in Zucker.

8) Samen mit ätherischem Öl: Kümmelsamen nach Trommsdorff:

Flüchtiges Öl	0,44
Wachs	1,50
Grünes Öl	7,00
Harz	0,30
Eisengrünende Gerbsäure	8,00
Schleimzucker mit pflanzensauren Kali- und Kalksalzen	2,00
Schleim mit phosphorsaurem Kali und andern Salzen, aus dem Decoct mit Alkohol gefällt	4,00
Saure äpfelsaure Kalkerde	3,00
Pflanzenfaser	70,00
Wasser und Verlust	3,76
	100,00

Wasserfenchelsamen (Phellandrium aquaticum) nach Berthold:

Flüchtiges Öl	1,497
Fettes Öl	5,078
Cerin	2,578
Harz	4,908
Extraktivstoff	8,078
Gummi	3,463
Pflanzenfaser	71,822
	97,429

Specifisches Gewicht der Samen.

Was das specifische Gewicht der Samen betrifft, so erhielten Schübler und Renz aus ihren Versuchen[1]) folgende Resultate:

1) Jede Pflanzenart besitzt im völlig reifen und ausgebildeten Zustande ein bestimmtes specifisches Gewicht, das nur zwischen gewissen Grenzen wechselt. Dasselbe kann daher als Kennzeichen der Art und der Güte der Samen dienen.

2) Das Schwimmen oder Untersinken der Samen im Wasser ist für die Keimfähigkeit bei verschiedenen Pflanzen ein sehr unsicheres Zeichen, indem auch in höherer Temperatur völlig ausgetrocknete Samen, welche keine Keimfähigkeit mehr besitzen, im Wasser untersinken können, während umgekehrt zuweilen selbst vollkommen ausgebildete Samen vermöge Adhäsion am Wasser schwimmen, ob sie gleich schwerer als dieses sind. Samen von nur wenig größerem specifischem Gewicht, als Wasser, schwimmen in schlechten Jahren, während sie in guten und warmen untersinken.

3) Die stärkmehlreichsten Samen sind in der Regel die schwersten, die fette Öle enthaltenden sind wenig schwerer, als Wasser, und am leichtesten sind die der Dolden und Syngenesisten, woran aber nicht die bisweilen darin enthaltenen ätherischen Öle, sondern häufiger die in ihren Hüllen eingeschlossene Luft Schuld ist.

4) Auch Samen mit glatten Körnern besitzen zuweilen ein geringeres

1) Fechner (s. Literatur S. 2) S. 37—49.

specifisches Gewicht, als Wasser, obgleich der eigentliche Kern des Samens gewöhnlich schwerer ist.

5) Die Samen der im Großen verbreiteten Nadelholz- und die der meisten Laubholzarten unseres Klimas, Birken, Ahorne, Eschen, Pappeln, Weiden, der verschiedenen Nußarten, so wie sie als Ganze in Hüllen eingeschlossen von den Bäumen fallen, sind leichter als Wasser, was für ihre Verbreitung und Erhaltung zweckmäßig erscheint, indem sie bei ihrem Herabfallen oft von bedeutend hohen Bäumen häufiger auf Wasserflächen zu liegen kommen, als nahe an der Erde reifende Samen, von welchen sie dann erst durch Winde und Strömungen den benachbarten Ufern zugeführt werden können, ohne sogleich unterzusinken.

6) Die Samen der Wasserpflanzen sind dagegen gewöhnlich schwerer, als Wasser, sie sinken im Wasser zu Boden, so wie sie als nackte Körner aus den Hüllen fallen, was für ihre Keimung im Grunde der Sümpfe nothwendig erscheint.

7) In naßkalten Jahren haben vorzüglich die mehlhaltigen (Getreide-) Früchte ein geringeres specifisches Gewicht, als gewöhnlich, auch wenn sie vollkommen keimungsfähig sind, weil sich in solchen Jahren die Mehltheile im Verhältniß zu den lockeren Hüllen und Bedeckungen weniger ausbilden.

Kurzer Überblick der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Pflanzentheile.

Das über die Zusammensetzung der einzelnen Pflanzentheile Gesagte ließ sich vielleicht folgendermaßen zusammenfassen: Das Holz charakterisirt sich durch vorwaltenden Faserstoff, während in der Rinde neben Faserstoff, in fester Form abgelagerte Nahrungs- und Ausscheidungsstoffe hervortreten, wie Stärkmehl, Harz und zum Theil Kieselerde. Die Blätter zeichnen sich aus durch Reichthum an Chlorophyll, Extraktivstoff und Salzen, die Blüten durch Zucker, Wachs, Farbstoff und ätherisches Öl, die Samen enthalten vorzüglich Nahrungsstoffe, wie Gummi, Eiweiß, Stärkmehl, Leim nebst sauerstoffarmen Substanzen, wie die fetten Öle, und phosphorsaure Salze, die Früchte dagegen dieselben Nahrungsstoffe nebst Zucker, aber statt der Fette sauerstoffreiche Substanzen, Pflanzensäuren.

Zerlegung der Pflanzen in ihre näheren Bestandtheile.

Die Beschreibung der Elementaranalyse ist bereits im allgemeinen Theile gegeben worden. Es handelt sich hier von der Zerlegung der Pflanzen in ihre näheren Bestandtheile, welche trotz ihrer Zusammensetzung aus gleichen Elementen so sehr in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften von einander abweichen.

Schwierigkeiten bei der Pflanzenanalyse.

Da sie zu den am vielfachsten zusammengesetzten Körpern gehören, so sind ihre Bestandtheile durch so schwache Verwandtschaftskraft verbunden, daß die bloße Berührung in Zersetzung begriffener Substanzen hinreicht, ihre Verbindung zu zerstören. Um so mehr muß dies bei der Einwirkung jener Zersetzungsmittel geschehen, deren man sich gewöhnlich zu Analysen bedient. Es gehören daher solche Untersuchungen zu den allerschwierigsten Arbeiten, sie geben sehr leicht unrichtige Resultate, so daß man Produkte für Edukte erhält, wie dies die bedeutenden

Abweichungen der Resultate bei Analysen einer und derselben Pflanzensubstanz durch mehrere Chemiker so oft ergeben.

Allgemeine Regeln für die Pflanzenanalyse.

Da keine Pflanze mit der andern in ihren Bestandtheilen übereinstimmt und bei solchen Arbeiten fast immer neue Substanzen vorkommen, deren Eigenschaften erst studirt werden müssen, bevor eine Anweisung zu ihrer Abscheidung möglich wird, so lassen sich hier auch nur ganz allgemeine Regeln angeben.

Mechanische Vorbereitung der Pflanzenstoffe.

Vor Allem sondert man Alles von einander, was sich mechanisch in anatomischer Beziehung trennen läßt, nämlich bei Wurzel, Stamm oder Stengel und Ästen, die Rinde vom Baste, das Holz vom Kern oder Mark; bei den Blüten den Kelch von der Krone; bei den Früchten die Fruchthüllen oder das Samengehäuse von den Samen; bei den Früchten wieder, wo möglich, die Oberhaut von dem Fruchtmarke, das innere Samengehäuse vom Kern rc. Den getrockneten und länger aufbewahrten Pflanzen sind in der Regel die frischen vorzuziehen, weil beim Trocknen und Aufbewahren leicht Veränderungen erfolgen, welche unrichtige Resultate veranlassen. Wo besondere Genauigkeit verlangt wird, dürfte es nicht überflüssig sein, die Untersuchung auf verschiedene Weise zu wiederholen, um Edukt und Produkt um so sicherer unterscheiden zu können.

Vorsichtsmaßregeln bei der Pflanzenanalyse.

Zuerst werden jederzeit die bekannten Bestandtheile aufgesucht und alsdann erst Versuche angestellt, ob nicht auch unbekannte darin vorkommen. Es ist äußerst schwer, die Natur der gefundenen Stoffe zu bestimmen, oft gibt man daher einem Stoffe den Namen eines andern bekannten, der gleichwohl weit entfernt ist, es zu sein, trotz einiger Ähnlichkeit mit demselben. Was gewöhnlich unter dem Namen von Extraktivstoff als ein besonderer Körper aufgeführt wird, ist oft nur ein Gemenge von verschiedenen Körpern, die nichts mit einander gemein haben, als die Auflöslichkeit in Wasser und das extraktähnliche Aussehen nach dem Abdampfen. Aus diesem Extraktivstoffe schießen oft erst nach Monaten Substanzen an, welche durch andere an der Krystallisation gehindert wurden, sind aber oft auch nur das Produkt der Einwirkung der Luft auf das Extrakt. Besonders ist zu berücksichtigen, daß jede Pflanze eine Menge von Bestandtheilen gemein hat mit einer andern ihr ähnlichen Pflanze, nichtsdestoweniger aber auch andere, auf deren Gegenwart der specifische Unterschied zwischen den ähnlichen Pflanzen beruht. Diese Bestandtheile sind nicht immer ganz verschiedene Substanzen, sondern oft nur Varietäten einer und derselben Art, wie z. B. die verschiedenen Stärkmehlarten. Die Unterscheidung solcher Körper, welche sogar gleiche Zusammensetzung und gleiches Atomgewicht haben, erfordert Geduld, Erfahrung und Urtheil.

Jederzeit muß der quantitativen eine qualitative oder Erkennungsanalyse vorausgehen, um sich einen sicheren Arbeitsplan zu machen. Aber auch bei diesen Vorarbeiten muß man jedesmal nicht blos den ausgezogenen Bestandtheil, sondern auch den Rückstand wiegen, um zu sehen, ob nichts der Aufmerksamkeit entgangen ist.

Bestimmung des Wassergehaltes der Pflanzen.

Alle Pflanzentheile enthalten Wasser. Man trocknet sie daher so lange im Wasserbade und dann im Ölbade, bis sie nichts mehr am Gewichte verlieren; das Trocknen im Wasserbade muß vorhergehen, weil zu starkes Erhitzen leicht eine Zersetzung veranlassen könnte, so lange noch viel Wasser vorhanden ist. Mehr sichert aber vor Zersetzung das Trocknen bei gewöhnlicher Lufttemperatur im luftleeren Raume oder im Exsiccator (eine am Rande mit Talg bestrichene, auf einer Glastafel stehende Glasglocke, unter welche man eine Schale mit concentrirter Schwefelsäure, Chlorcalcium oder einer anderen Wasser anziehenden Substanz und über dieselbe den zu trocknenden Körper bringt). Bei an der Luft veränderlichen Körpern muß letzterer mit Wasserstoffgas gefüllt werden. Hierauf wird in einer ebenfalls mit Wasserstoff gefüllten Retorte im Ölbade getrocknet. Doch gilt letzteres nur für Stoffe ohne ätherisches Öl, welches entweichen würde, und ohne Eiweiß, welcher coagulirt.

Anwendung der Lösungsmittel auf Pflanzenstoffe

Nun folgt die Ausziehung mit verschiedenen Lösungsmitteln, welche in verschiedener Ordnung folgen. Gewöhnlich macht Äther den Anfang, ihm folgen Weingeist, Wasser, Säuren und Alkalien. Der Stoff wird hierzu am besten mit einer Raspel oder einem Reibeisen zerkleinert oder zerhackt, da die Pulverform das Eindringen der Lösungsmittel erschwert.

Ausziehung mit Aether.

Die vom Äther ausgezogenen Stoffe sind gewöhnlich fette und flüchtige Öle, mehrere von den Harzen, freie Gerbsäure nebst einigen Bitterstoffen, Färbstoffen und alkaloidischen Salzen. Der Äther wird abdestillirt, die Flüssigkeit in der Retorte eingetrocknet, der Rückstand gewogen, mit etwas Äther aufgelöst, in ein Gefäß mit Wasser gegossen und der Äther bei nicht über 30° C. verdunstet, wobei das Wasser die darin löslichen Theile aufnimmt; dann wird das Wasser im Wasserbade so stark als möglich erhitzt, erkalten und absetzen lassen, abgegossen und der Rückstand nochmals mit kaltem Wasser abgewaschen, der ganze wässerige Auszug in einem gewogenen Gefäße eingetrocknet und gewogen. Dieser Auszug kann sehr verschiedene Substanzen enthalten, wozu Gerb- und andere freie Säuren, alkaloidische Salze rc. gehören.

Das vom Wasser Ungelöste wird mit wasserfreiem Alkohol ebenso ausgezogen und der Auszug genauer untersucht. Er enthält die meisten Harze.

Der Rückstand kann bestehen aus Fett oder Wachs und in Alkohol nicht löslichen Harzen, aus Kautschuk rc. Sehr wenig Äther löst das Fett auf und läßt Kautschuk nebst den Stoffen zurück, welche sich nur bei Gegenwart der von Alkohol ausgezogenen Substanzen in Äther aufgelöst hatten.

Fett und Harz sind sehr schwierig zu scheiden; man versucht destillirtes Steinöl und Terpentinöl, sehr verdünnte Kalilösung, welche das Harz auflösen kann, ohne das Fett zu verseifen.

Ausziehung mit Alkohol.

Der mit Äther behandelte Rest des Pflanzenstoffs wird nun durch Trocknen vom Äther befreit und zuerst mit kaltem, dann mit kochendem wasserfreien oder wenigstens Alkohol von 95% ausgezogen. Der Auszug kann enthalten Reste von ätherischem Öl und Chlorophyll, besonders aber gewisse Extraktiv- und Farbstoffe, verschiedene alkaloidische und andere

krystallisirbare Stoffe, wie Chinaroth, chinasaures Cinchonin, Solaninsalz, Salicin, Populin, Glycyrrhizin, Mannit, Zucker.

Aus dem Rückstand des weingeistigen Auszugs nimmt Wasser den Zucker, mehrere Extraktiv- und Färbstoffe, Salze und mehrere eigenthümliche Pflanzenstoffe, wie Salicin, Digitalin, Colombin, Gerbsäure und Salze auf. Die zurückbleibenden Harze müssen nun durch abwechselnde Einwirkung von 60procentigem Alkohol, Ammoniak, verdünnter und concentrirter Kalilösung, Fällung durch essigsaures Blei- oder Kupferoxyd, Stein- und Terpentinöl, nach der Methode von Unverdorben, geschieden werden[1]).

Ausziehung mit kaltem Wasser.

Der Rückstand vom Alkoholrückstand wird nun nach dem Trocknen mit Wasser von höchstens + 20 bis 40° C. behandelt. Da dies oft wegen Aufquellen der Masse sehr langsam geht, so muß im Sommer gegen das leicht eintretende Sauerwerden durch gute Abkühlung mit Eis Vorkehr getroffen werden.

Die erste (concentrirteste) Lösung wird im luftleeren Raume, die anderen Anfangs im Wasserbade abgedunstet, zuletzt im Ölbade, und dann das Ganze gewogen.

Der wässerige Auszug, welcher den eigenthümlichen Bitterstoff (Extraktivstoff) der Pflanze, Gummi und die in absolutem Weingeist unlöslichen Salze, namentlich zweifachoxalsaures Kali, Weinstein, citronensaures Kali, äpfelsaures Kali, zweifachäpfelsauren Kalk ꝛc., enthält, wird in Wasser aufgeweicht und mit 50procentigem Alkohol vermischt, welcher fast Alles wieder ausfällt, außer Kochsalz, Salmiak und vielleicht noch anderen in wässerigem Alkohol löslichen Stoffen.

Das Niedergeschlagene wird nun wieder in Wasser gelöst, mit Essigsäure bis zur schwachsauren Reaction und dann mit neutralem essigsauren Bleioxyd versetzt, welches viele organische Stoffe, vor Allem aber verschiedene Säuren, wie Citronen- und Schleimsäure, fällt. Die abfiltrirte Lösung wird warm mit (am besten frisch gefälltem) Bleicarbonat gesättigt, dann wieder essigsaures Bleioxyd zugesetzt, welches die nur aus neutralen Flüssigkeiten fällbaren Substanzen, namentlich Oxal-, Äpfel-, Weinstein- und Traubensäure vielleicht nebst einem Rückstande von der sauren Fällung niederschlägt. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird nun mit basisch essigsaurem Bleioxyd versetzt, so lange etwas niederfällt, dann verdünntes kohlensäurefreies Ätzammoniak zugesetzt, weil beim Fällen das basische Bleisalz neutral wurde, durch Ammoniak aber wieder basisch wird, um die Fällung zu vollenden.

Diese drei Niederschläge werden durch Schwefelwasserstoff zersetzt und absetzen lassen, was oft mehrere Tage dauert, dann auf einem Filter mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser ausgewaschen, weil sich an der Luft etwas Schwefelblei in Oxyd umwandelt, das dann im Wasser gelöst mit durchs Filter geht.

Die dadurch erhaltenen 3 Flüssigkeiten werden abgedampft, zur Krystallisation hingestellt oder im Exsiccator eingetrocknet. Für die weitere

---

1) Vgl. Berzelius' Handb. d. Chemie. 3. Aufl. 7. Bd. S. 8.

Behandlung sind keine allgemeinen Regeln möglich. Es lassen sich vielleicht manche Stoffe jetzt mit Alkohol und Äther ausziehen, die zuvor durch die Verbindung mit anderen Stoffen darin unlöslich waren. Man versucht Fällungen mit basisch schwefelsaurem Eisenoxyd ($\dddot{F}e\,\dddot{S}_2$), salpetersaurem Quecksilberoxydul, Quecksilberchlorid, essigsaurem Kupferoxyd, essigsaurer Thonerde, Thier- oder Holzkohle ꝛc.

Die mit basisch essigsaurem Blei ausgefällte Flüssigkeit wird durch Schwefelwasserstoff von Bleioxyd befreit, zur Austreibung der Essigsäure eingetrocknet, mit 85procentigem Alkohol gemischt, welcher die essigsauren Salze aufnimmt, die Auflösung wird eingetrocknet, die Essigsäure zerstört und die vorhandenen Basen von einander getrennt und quantitativ bestimmt.

Ausziehung mit kochendem Wasser.

Der Rückstand von der kalten wässerigen Ausziehung wird nun mit Wasser gekocht. Dies zieht vorzüglich Stärkmehl aus.

Ausziehung mit verdünnten Säuren.

Der Rückstand wird mit durch 90 Theile Wasser verdünnter Schwefelsäure, Salzsäure oder am besten Salpetersäure, die aber frei von aller salpetrigen Säure sein muß, ausgezogen. Die Flüssigkeit enthält organische Stoffe, unorganische basische Salze, oxalsaure Kalkerde, phosphorsaure Erden, Eisenoxyd; Manganoxydul jedoch nur selten.

Die saure Lösung wird mit Ätzammoniak ausgefällt und der Niederschlag weiter untersucht; aus der abfiltrirten nicht ganz zur Trockne abgedampften Flüssigkeit fällt Alkohol Dextrin aus etwa rückständigem Stärkmehl.

Die Alkohollösung wird eingetrocknet und auf einem Platinblech erhitzt, wobei sich etwa vorhandener Salmiak sublimirt. Etwaiger Rückstand zeigt eine durch Ammoniak nicht fällbare Basis an, die weiter untersucht werden muß.

Behandlung mit verdünnter Kalilösung.

Der vom sauren Auszug gebliebene Rückstand wird mit sehr verdünnter Kalilösung gekocht, wobei sich gewöhnlich coagulirter Eiweißstoff, Pektin und Extraktabsatz lösen. Die filtrirte Lösung gibt bei schwacher Übersättigung mit Salzsäure einen voluminösen, oft durch Extraktabsatz gefärbten Niederschlag, woraus concentrirte Essigsäure Eiweißstoff auszieht und Pektin zurückläßt. Eiweißstoff bleibt beim Verdunsten der Essigsäure zurück. Das Pektin wird in Kalihydrat gelöst und durch Zusatz von festem kohlensaurem Kali das pektinsaure Kali unlöslich gemacht. Der Extraktabsatz wird dann durch Säuren gefällt und ebenso die Pektinsäure vom Kali geschieden.

Behandlung der rückständigen Pflanzenfaser.

Der nun erhaltene Rückstand enthält nur noch Pflanzenfaser mit etwas rückständigem oxalsauren Kalk, man wäscht mit Wasser aus und trocknet im Ölbade. Die Hälfte davon wird zu Asche verbrannt, welche, wenn es blos Pflanzenfaser war, nicht mehr als 1/4 bis 1/3 % davon beträgt, nicht mit Säuren braust und hauptsächlich aus Kieselerde besteht. Ist die Asche alkalisch, so war nicht hinlänglich ausgewaschen, reagirt sie nicht alkalisch, braust aber mit Säuren, so enthielt die Holzfaser noch oxalsauren Kalk. Die andere Hälfte der Pflanzenfaser wird einige Stunden

mit kohlensaurem Kali gekocht, filtrirt, ausgewaschen, zuerst mit verdünnter Salzsäure, um den kohlensauren Kalk auszuziehen, dann mit Wasser, um die Salzsäure wieder zu entfernen, im Ölbade getrocknet, gewogen und eingeäschert. Was nun diese Hälfte weniger wiegt, als die erste, sind fremde, der Pflanzenfaser eingemischte Stoffe. Der Auszug mit kohlensaurem Kali wird genau mit Salzsäure gesättigt, die Kohlensäure durch Kochen verjagt und die Flüssigkeit, wenn sie noch sauer ist, mit etwas Ätzammoniak versetzt und daraus die Oxalsäure mit einer Kalklösung gefällt; die Auflösung muß noch weiter untersucht werden, dann kann endlich der Gehalt an Pflanzenfaser und oxalsaurem Kalk berechnet werden.

Ausmittelung der in den Pflanzen enthaltenen Salzbasen.

Eine besonders abgewogene Quantität von der getrockneten Pflanzensubstanz wird ohne alle chemische Behandlung eingeäschert und die Asche untersucht. Aus der Quantität des kohlensauren Alkali berechnet man die Menge der pflanzensauren Salze mit alkalischer Basis, wozu die vorhergegangene Analyse die zureichende Menge Säuren angeben muß, wenn sie richtig war, der Gehalt an Chlornatrium und Chlorkalium muß mit dem auf nassem Wege gefundenen übereinstimmen.

Man sättigt die Asche mit Essigsäure, trocknet im Wasserbade ein, um die Kieselsäure abzuscheiden, und zieht dann die essigsauren Salze mit wasserfreiem Alkohol aus, trocknet ein und zerstört die Essigsäure durch Glühen. Aus dem Rückstande zieht Wasser das Alkali aus und läßt Kalk und Bittererde zurück.

Was der Alkohol ungelöst ließ, wird schwach geglüht, wobei auch noch viel rückständiges essigsaures Kali zerstört wird. Chlorkalium und Chlornatrium werden mit 60procentigem Alkohol ausgezogen und mit Platinsalz geschieden. Wasser zieht nun schwefelsaures und phosphorsaures Alkali aus. Aus dem Rückstande nimmt Salzsäure die Erden auf und läßt Kieselerde ungelöst. Ätzammoniak fällt aus der salzsauren Lösung phosphorsaure Kalkerde, oft auch Eisenoxyd. Sodann werden Kalk und Bittererde geschieden. Die selten vorhandene Thonerde fällt mit dem phosphorsauren Kalk nieder. Sie ist auch zum Theil in der essigsauren Lösung zu finden.

Über die genauere Beschreibung dieses Verfahrens vgl. Berzelius' Lehrb. der Chem. 4. Aufl. 1841. 10. Bd. den Artikel „Analyse" u. Buchner's Grundr. d. Chem. 3. Bd. 1836. S. 520—530, ferner letzteren insbesondere über die Analyse wässeriger Säfte und saftiger Pflanzentheile S. 530, trockener Wurzeln, Rinden, Hölzer und anderer Pflanzentheile S. 539, öliger Samen 542, mehliger Samen S. 544 ꝛc.

Lebensprozeß der Pflanzen.

Über Entstehung der Pflanzen im Allgemeinen.

Die Entstehung der Pflanzen läßt sich auf verschiedene Weise denken, sie kann stattfinden

1) aus dem spontanen Zusammentreten rein anorganischer Stoffe zu organischen Verbindungen (**Ur- oder mutterlose Zeugung**, Generatio primitiva, originaria, aequivoca s. spontanea). Diese Ansicht wird weiter

eingetheilt in die von einer **bedingten**, generatio determinata, und einer **unbedingten** Urzeugung, g. indeterminata, je nachdem man sich die Organismen aus den Zersetzungsprodukten abgestorbener Pflanzen und Thiere, oder aus anderen eigenthümlichen, nicht aus organisirten Wesen entstandenen, aber doch der organischen Natur entsprechenden Verbindungen einfacher Stoffe (Urmaterie) entstanden denkt. Da indessen die selbstständige Existenz dieser Urmaterie nicht wohl nachzuweisen ist, so können wir uns hier bei der Urzeugung nur auf die erste Art derselben beziehen.

2) Durch selbstständige Entwickelung eines von einer Pflanze abgetrennten lebenden Theiles (Keim) **Samenerzeugung**, Epigenesie oder Epigenese, generatio secundaria s. seminalis.

Die herrschende Ansicht ist dermalen, daß ein lebendes, organisirtes Wesen nur durch Fortpflanzung eines Individuums derselben Art entstehen könne, aus einem von demselben losgerissenen (organischen) Theile, welchem bereits die Fähigkeit inwohnt, sich unter den entsprechenden Umständen selbst zum Organe zu entwickeln, nämlich aus dem Ei oder dem **Samen**. Diese Ansicht hat man hauptsächlich durch folgende drei Punkte zu begründen gesucht:

Gründe für die Samenerzeugung.

1) weil verschiedene Arten von Pflanzen und Thieren auch unter verschiedenen Verhältnissen auf, oder in Substanzen verschiedenen Ursprungs entstehen,

2) durch die Entdeckung Ehrenberg's von dem zusammengesetzten Bau jener Thiere, bei denen man vorzugsweise die spontane oder mutterlose Entstehung (Urzeugung) nachweisen zu können geglaubt hatte, nämlich der Infusorien und

3) durch die große Fruchtbarkeit dieser letzteren.

Gründe gegen die Samenerzeugung.

Was die angegebenen 3 Hauptstützpunkte für die Ansicht betrifft, daß lebende Wesen nur durch Fortpflanzung entstehen können, so läßt sich Manches dagegen einwenden:

1) daß bestimmte Arten von Individuen auch unter verschiedenen Verhältnissen, d. h. aus verschiedenen Stoffen entstehen, scheint der spontanen Erzeugung aus diesen Stoffen ebensowenig zu widersprechen, als der Möglichkeit, daß lebende Wesen immer die ihnen zusagende Nahrung in diesen verschiedenartigen Substanzen finden. Wenn eine und dieselbe Pflanze auf einer gewissen Bodenart fortfährt, im Wesentlichen ganz die nämlichen Stoffe zu assimiliren, welche sie zuvor auf einem ganz verschiedenen assimilirt hat, oder wenn eine Pflanze aus dem ihr zusagenden Boden in den einer anderen Pflanze zusagenden versetzt, nicht den Charakter der letzteren annimmt, warum sollte dieses Verhältniß nicht auch gleich bei der **Entstehung** eines Individuums stattfinden können, so, daß also im Entstehen desselben gerade so, wie beim Lebensprozesse selbst, durch gewisse uns jetzt noch (wie die Lebenskraft überhaupt) völlig unbekannte Verhältnisse aus den **verschiedenartigsten** Verbindungen ganz **gleichartige** ausgeschieden werden, wenn nur die Bestandtheile der letzteren überhaupt

in den ersteren enthalten waren, oder wenigstens die Umgebung (Luft und Wasser) die fehlenden zu ergänzen vermochte.

2) Was den Widerspruch betrifft, daß aus leblosen, nicht organisirten Substanzen unmittelbar nicht Organismen von so vielfacher Zusammensetzung, wie z. B. die Infusorien entstehen könnten, so braucht man auch durchaus nicht anzunehmen, daß solche Organismen gleich in ihrer vollständigen Ausbildung der leblosen Materie entwachsen, sondern es können bei der spontanen Entstehungsweise dieselben Entwickelungsstufen gedacht werden, wie bei der Entstehung aus Samen oder Eiern.

3) In der großen Fruchtbarkeit der Infusorien hat man eine Fürsorge von Seite der Natur gesehen für ihre Fortpflanzung, da erst von einer sehr großen Menge Eier ein ganz kleiner Theil einen ihrer Entwickelung günstigen Boden erreicht, allein diese Fruchtbarkeit scheint in dem niederen Entwickelungsgrade solcher Wesen an und für sich begründet zu sein, indem bei denselben die zur Erzeugung eines Individuums erforderliche polare Spannung in einem so untergeordneten Grade stattfindet, daß sie sich um so viel öfter wiederholen kann, als sie bei den weiter entwickelten Thieren eine höhere Potenzirung erreicht. Sie finden bei ihrer Kleinheit weit leichter den nöthigen Raum und hinreichende Nahrung und müssen selbst, wenn sie höheren und zugleich größeren Thieren zur Entwickelung, zur Nahrung dienen, zu diesen in einem solchen Zahlverhältnisse stehen. Wenn sie sich aber wirklich schwierig entwickeln, so mag dies ebensowohl für den Ort ihrer Entstehung gelten, als für andere Räumlichkeiten, in welche sie sich verpflanzen sollen.

Ferner, hat man noch eingewendet, würde die Natur die Pflanzen und Thiere, welche spontan entstehen können, immer so und nicht auch bisweilen aus Samen oder Eiern entstehen lassen, allein warum gibt es dann z. B. so viele Pflanzen, welche sich zugleich durch Samen und durch Sprossen, Zwiebeln oder Knollen fortpflanzen?

Andere zu Gunsten dieser Ansicht sprechende Beobachtungen lassen sich auch leicht anders deuten, wie z. B. die von Schwann, wonach in einem Fleischinfusum keine Infusorien entstehen, wenn es zum Kochen erhitzt worden war. Es kann nämlich durch Temperaturerhöhung eine Abänderung in der chemischen Constitution des Fleischauszugs eintreten, welche eine Entstehung von Infusorien auf längere Zeit nicht mehr zuläßt.

Man hat die plötzliche Entstehung gewisser Pflanzen bei dem Eintritte der ihnen entsprechenden Verhältnisse auf einem Boden, welcher sie zuvor nicht erzeugte, daraus erklären wollen, daß die Samen, welche früher unter ungünstigen Verhältnissen in denselben Boden gekommen waren, stets zu Grunde gegangen, oder unentwickelt im Boden liegen geblieben seien. Allein bei der großen Menge, in welcher sich gewöhnlich solche Pflanzen gleich Anfangs zeigen, kann man gewiß nicht annehmen, daß nicht einmal ein kleiner Theil jener Samen sich sollte entwickelt haben, welche früher unter ungünstigen Verhältnissen auf einen Boden kamen, da solche Samen, wenn man sie auch unter noch viel ungünstigeren Verhältnissen in den

Boden bringt, fast nie ermangeln, aufzugehen und sich zu entwickeln, mag auch ihr Wachsthum weniger üppig sein, als in dem ihnen gerade entsprechenden Boden; und wenn dieselben auch auf dem ungünstigen Boden allmälig wieder ausgehen, so hätte man doch z. B. immer einzelne Feldpflanzen in Wäldern beobachtet haben müssen, wenn ihre Samen ebenso vor als nach Ausrottung der Wälder dahin gelangt wären, und umgekehrt in unbewaldeten Gegenden einzelne Waldpflanzen, welche man so schnell und so reichlich nach der Anlage von Wäldern beobachten kann. So erscheint häufig binnen Jahresfrist an Orten, wo Buchen gerodet wurden, die Tollkirsche, während vielleicht mehrere Stunden und Meilen im Umkreis nirgends Tollkirschen zu finden sind, von denen man die Samen durch den Wind verbreitet, oder wegen ihrer Giftigkeit noch weniger durch Thiere herbeigebracht glauben könnte. Wie kommt ferner der Same der Mistel (Viscum album) zwischen die Borke der Bäume?[1])

Wollte man aber für die Pflanzen von der Analogie einen Beweis hernehmen, daß wohl Niemand an die spontane Erzeugung höherer Thiere glauben wird, so möchte sich das Ausbleiben ihrer spontanen Entstehung in unseren Tagen daraus erklären, daß die Erdrinde durch die letzten großen Umwälzungen in der Art verändert worden ist, daß sie jetzt nur mehr die Bedingungen zur spontanen Entstehung von Pflanzen und niederen Thieren hervorbringt.

Die Geologie lehrt uns, daß in den verschiedenen Bildungsperioden der Erdrinde die Thier- und Pflanzengattungen nicht auf einmal, sondern allmälig, d. h. einige, und zwar gerade die höher entwickelten, erst dann entstanden, als andere und zwar unvollkommnere schon längst vorhanden und oft auch schon wieder verschwunden waren. Wenn demnach die manchfaltigen Organismen offenbar zu verschiedenen Zeiten entstanden sind, in welchen ihnen gerade die Beschaffenheit des Bodens und der Luft am günstigsten war, so kann es doch gewiß als keine Unmöglichkeit angesehen werden, daß auch an gewissen Orten neue Organismen entstehen können, sobald die ihrer Entstehung günstigen Verhältnisse dort eintreten.

Übrigens dürfte es immerhin naturgemäßer erscheinen, blos die Annahme einer spontanen Erzeugung von Samen und Eiern, nicht aber unmittelbar von wirklichen Individuen anzunehmen, wonach das Ei den Übergang vom einfachen, unorganisirten zum zusammengesetzten Organismus bilden würde, so daß Harvey's Ausspruch: Omne vivum ex ovo ungeschmälert seine Geltung behalten möchte.

Die Pflanze findet alle ihre Bestandtheile in der anorganischen Welt und man darf glauben, daß dieselbe unbekannte Kraft, welche das Leben der einmal entstandenen Pflanze aus unorganischen Stoffen erhält, auch ihre Entstehung aus denselben zu bedingen vermag, und da doch ursprünglich alles Zusammengesetzte aus dem Einfachen abstammen — alles

---

1) Vgl. auch Kuft in den ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen 1845. Nr. 70 und Forst- u. Jagdzeitung, 1839. S. 359 und 511.

Organische einmal aus dem Anorganischen entstanden sein muß, so ist nicht einzusehen, warum nicht wenigstens für manche Arten von Individuen auch jetzt noch die erforderlichen Verhältnisse stattfinden sollten, daß sie direct aus anorganischen, oder aus leblosen (zersetzten) organischen Stoffen entstehen können, ohne einer Fortpflanzung oder Theilung von Individuen zu bedürfen.[1])

Was der Chemie bis jetzt gelungen ist, betrifft blos die Herstellung von nicht organisirten Stoffen, welche sonst nur als Rückbildungsprodukte aus assimilirt gewesenen Stoffen vorkommen. Man hat bisher in der That nur die Entstehung der Pflanzen aus schon organisirter Grundlage, aus dem Keime beobachtet. Über den Uranfang des Keimes aber wissen wir nichts.

Man hat zwar die von den allgemeinen chemischen Gesetzen so sehr abweichenden chemischen Gesetze der Lebenskraft dadurch mit letzteren in Einklang zu bringen gesucht, daß man die Wirkung der Lebenskraft in den Organen mit der Contaktverwandtschaft (s. S. 15) verglichen hat, wodurch z. B. die Schwefelsäure das Stärkmehl und Wasser zu Zucker vereinigt. Man könne bereits so viele organische Verbindungen, wie Gummi, Zucker, Benzoë-, Zimmt-, Valeriansäure auf künstlichem Wege darstellen, und wenn man auch viele andere so noch nicht habe erhalten können, so ließen sich ja umgekehrt auch viele Verbindungen künstlich hervorbringen, welche noch nicht durch den Organismus seien erzeugt worden. Allein die Sache ist damit noch nichts weniger als erledigt, wenn man bedenkt, daß der Unterschied zwischen Lebenskraft und gewöhnlicher Verwandtschaft weit weniger in der Verschiedenheit der Verbindungen liegt, welche beide hervorbringen, als darin: Die gewöhnliche Verwandtschaftskraft erzeugt stets nur gleichartige — mechanisch einfache Körper, die Lebenskraft aber ungleichartige, d. h. mechanisch in einer bestimmten Ordnung zusammengesetzte Körper (Organe und Organismen).

Dieser Unterschied widersetzt sich für jetzt noch jeder Analogie und Erklärung, und es läßt sich danach vorläufig die Annahme einer von der gewöhnlichen Verwandtschaftskraft völlig abweichenden chemischen Verwandtschaftskraft rechtfertigen, welche wir Lebenskraft nennen. Vermögen wir uns auch die Wirksamkeit der ersteren um nichts besser zu erklären, als die der letzteren, so sind wir mit dieser doch insofern vertrauter, als wir sie vom ersten Anfang an verfolgen können. Wir vermögen selbst die complicirtesten anorganischen Verbindungen ohne alle prädisponirende Mitwirkung schon vorhandener analoger Körper zusammenzusetzen. Bei den lebenden Organismen dagegen haben wir noch nichts, als bloße Assimilation, aber noch keine Entstehung aus Elementen beobachtet. Denn was ist ein Keim anders, als ein Theil eines organisirten Ganzen, der nach seiner Lostrennung von diesem fortfährt zu assimiliren und sich zu entwickeln?

1) Über die Vereinigung beider Ansichten (der Ur- und Samenerzeugung) in chemischer Beziehung vgl. Mulder, Versuch einer allgem. Physiologie. 1844. S. 79.

Von der unmittelbaren Entstehung organisirter Körper aus nicht organisirten wissen wir so wenig, daß man daran zweifeln konnte, ob sie (die Generatio aequivoca) nur jetzt überhaupt noch stattfinde.

Man sagt ferner, es sei nichts in der Pflanze, als was von Außen hereingekommen sei, und mit diesen Stoffen können keine anderen als die ihnen eigenthümlichen Kräfte eingeführt worden sein. Was sich im Organismus erzeuge, müsse demnach Alles nach den allgemeinen Gesetzen der Verwandtschaft entstehen. Wir seien deshalb nicht zur Annahme einer eigenen, von der gewöhnlichen Verwandtschaftskraft verschiedenen (Lebens-) Kraft berechtigt, weil die im Organismus erzeugten Verbindungen unter den gewöhnlichen Umständen nicht zu Stande kämen.

Hierauf muß man entgegnen: Daß die Lebenskraft keine wirkliche chemische Kraft sei, mag wohl nur von Wenigen in Abrede gestellt sein. Es kann nur behauptet werden, daß ihre Gesetze von den gewöhnlichen Gesetzen der chemischen Verwandtschaft abweichen. Auch unter den gewöhnlichen Umständen wird die chemische Verwandtschaft durch verschiedene Einflüsse, wie Cohäsion, Wärme, Licht ꝛc. modificirt. Von vielen derselben und namentlich vom Licht wissen wir, wie beträchtliche Abweichungen dasselbe auch im Lebensprozesse bewirkt, und doch erzeugt der Organismus so viele Produkte, die außer ihm noch nicht entstanden. Es müssen demnach im lebenden Organismus noch besondere Umstände obwalten, welche die Verwandtschaftskraft so abändern, daß die ihm dargebotenen Elemente sich zu anderen Verbindungen gruppiren, als außer dem Organismus. Diese Umstände sind uns für jetzt noch völlig unbekannt, wir nennen daher diese eigenthümlich abgeänderte Verwandtschaftskraft, oder, wenn man lieber will, den Inbegriff jener unbekannten Umstände, welche die chemische Verwandtschaft in dieser Weise abändern, theils der Kürze halber, theils um unsere Unwissenheit einzugestehen, nicht um sie zu bemänteln, Lebenskraft.

Das Gebiet der chemischen Beobachtungen hat sich also für jetzt blos auf die Entwickelung des Keimes, auf den Keimungsprozeß erstreckt.

Die zur Keimung nöthigen Bedingungen

Als Bedingungen für das Erwachen der Lebensthätigkeit im Keime hat man Folgendes erkannt:

1) Eine feuchte Umgebung, aus welcher der Same eine gewisse Menge Wasser einzusaugen vermag.

2) Eine den Gefrierpunkt übersteigende Temperatur, weil, wo das Wasser in fester Form ist, keine Lebenserscheinungen möglich sind. Die Temperatur darf aber ebensowenig + 40° C. überschreiten, weil das anfangende Leben durch höhere Wärme zerstört wird. Nach Edwards und Colin geht das Keimungsvermögen nicht verloren, wenn man trockene Samen einer Temperatur von — 40° oder + 70° aussetzt, bei + 75° aber ist es zerstört. Bei + 45° hört das Keimungsvermögen in feuchter Erde gleichfalls auf, wiewohl Samen längere Zeit in Wasser von + 50° C. liegen können, ohne daß alle Körner ihre Keimkraft verlieren, bei einigen aber findet dieses statt. Derselbe Wärmegrad, welcher im Frühlinge die

Lebenskraft der erwachsenen Holzpflanze erregt, + 10 bis 15° C., erweckt auch im Allgemeinen die Samen zur Keimung.

3) Muß der Same mit der Luft in Berührung sein.

4) Der unmittelbare Einfluß der Sonnenstrahlen ist dem Keimen nachtheilig. Die Samen sterben, ohne zu keimen. Im zerstreuten Lichte keimen sie zwar, aber viel langsamer als im Dunkeln. Doch ist es den neuesten Beobachtungen zufolge nicht das Licht selbst, welches die Keimung verhindert, sondern die durch dasselbe erzeugte Wärme, welche die Samen austrocknet.

Theorie des Keimungsprozesses.

Die den Samen umgebende Erde hat beim Keimen keinen anderen Zweck, als diese drei Bedingungen zu fördern, denn die Keimung erfolgt z. B. auf nassem Fließpapier ebenso gut, als in der Erde. Während das Wasser die organische Masse der Cotyledonen durchdringt, entsteht ein von Wärmeentwickelung begleiteter chemischer Prozeß, welcher aber nur bei den Gräsern etwas genauer studirt ist.

Das Wasser löst die löslichen Stoffe auf und es bildet sich dabei eine im ungekeimten Samen nicht vorhandene Substanz, die Diastase; welche die Eigenschaft besitzt, die vorhandene Stärke theils in Gummi, theils in Zucker zu verwandeln, welche nun aufgelöst als Nahrungsstoff in die entstehende Pflanze übergehen können.

Während des Keimens verbindet sich ein Theil des Kohlenstoffs der Pflanze mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure, welche entweicht, während der Sauerstoff und Wasserstoff des Samens unvermindert in den Keim überzugehen scheinen. Die Samen keimen daher in einer Atmosphäre von Kohlensäure, Wasserstoff und Stickstoff nicht, sondern werden darin beim Vorhandensein der übrigen Bedingnisse der Gährung und Fäulniß zerstört, dagegen erfolgt in reinem Sauerstoffgas die Keimung sehr gut. Saussure fand, daß gequollene Samen in Stickstoffgas etwas Kohlensäure entwickeln, nachher aber sterben. Sie liefern also beim Mangel von Sauerstoff in der umgebenden Luft den Sauerstoff selbst, um den Kohlenstoff als Kohlensäure abzuscheiden. Auch etwas Stickstoff wird bei der Keimung von den Samen aufgenommen, jedoch um so weniger, je reicher die Luft an Sauerstoff ist.

Ernährung der Pflanzen.

Vor der vollständigen Entwickelung der Blätter lebt die Pflanze einzig von den in den Cotyledonen angehäuften Nahrungsstoffen. Hartig schnitt die Samenlappen junger Eichen und Buchen ab, bevor die ersten Blätter völlig ausgewachsen waren, sie lebten zwar noch einige Wochen fort und wuchsen noch etwas in die Länge, allein Blätter und Knospen entfalteten sich nicht weiter und nach sechs Wochen waren alle abgestorben. Nach Saussure [1]) dagegen geht das Wasser bei Getreidepflänzchen, wenn man das Endospermum wegschneidet und die Würzelchen in Dammerde setzt, Anfangs zwar etwas langsamer, später aber ebenso gut von statten, als

1) Froriep's neue Notizen. Nr. 461 u. 462; pharm. Centralbl. 1842. S. 308.

bei unversehrten Pflänzchen. Das Humusextrakt könnte danach (wenigstens bei Monocotyledonen) das Stärkmehl ersetzen.

Sobald die Pflanze ihre Entwickelung aus dem Keime vollendet hat, assimilirt sie die ihr von Außen dargebotene Nahrung ihrer Natur, d. h. dem Prozesse gemäß, welcher durch die Bedingungen ihrer Entstehung in ihr angeregt worden ist. Bei einer und derselben Nahrung behauptet jede Pflanze ihren chemischen Charakter, ihre eigenthümliche Zusammensetzung. Ihre specifische Verschiedenheit beruht daher auf den verschiedenen Verhältnissen, in welchen die Nahrungsstoffe in jeder Pflanzenart durch die Assimilation zusammentreten. Die Nahrungsstoffe selbst sind der Hauptsache nach immer dieselben.

Ursprung der Pflanzennahrung.

Man unterscheidet bei den Nahrungsstoffen der Gewächse eine anorganische und eine organische Pflanzennahrung. Erstere besteht in Stoffen, welche sich in den Pflanzen wieder als anorganische Säuren, Basen und Salze erkennen lassen, letztere in solchen Substanzen, deren elementare Bestandtheile bei der Assimilation sich zu ganz neuen, den sogenannten organischen Verbindungen gruppiren, während sie selbst ursprünglich organischer Natur sein mögen, wie die Humussäure, oder anorganischer, wie Wasser oder Kohlensäure ꝛc.

a) der anorganischen.

Was man demnach unter den anorganischen Nahrungsstoffen versteht, kann von den Pflanzen, insofern diese Substanzen nicht flüchtiger Natur, also nicht von der Luft zuführbar sind, nur aus dem Boden aufgenommen werden. Dies hat man indessen früher bezweifelt, weil der Boden gerade von denjenigen Stoffen, die man in der Pflanze findet, oft nur wenig, zuweilen gar nichts zu enthalten scheint. Man glaubte sich daher zu der Annahme berechtigt, daß diese Stoffe durch den Lebensprozeß mittelst Umwandlung aus anderen Elementen und ihren Verbindungen erzeugt würden. Allein es zeigte sich, daß Pflanzen, welche sich in einem von allen auflöslichen Substanzen freien Boden entwickeln, auch gerade nur so viel anorganische Bestandtheile enthalten, als die Samen, aus denen sie sich darin erzeugten, wie sich namentlich aus den sorgfältigen Untersuchungen von Polstorff und Wiegmann ergibt. Sie fanden, daß der Same von Lepidium sativum in einem mit fein geschnittenem Platindraht gefüllten Platintiegel gesäet, mit reinem destillirten Wasser befeuchtet und sorgfältig gegen Staub geschützt, Pflänzchen lieferte, deren Asche gerade so viel betrug, als die des Samens. Als sie dagegen den Samen in mit Königswasser ausgezogenen Quarzsand säeten, war der Aschengehalt der unter den nämlichen Umständen gezogenen Pflänzchen doppelt so groß. Bei der Untersuchung des Sandes fand sich, daß er ungeachtet der Behandlung mit Königswasser noch 3,1 % an Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde und Eisenoxyd enthielt, welche nach monatelanger Behandlung mit kohlensäurehaltigem Wasser (durch Verwitterung) daraus abgeschieden wurden. Als sie denselben Samen auf einen dem natürlichen Boden künstlich nachgebildeten säeten, trugen die Pflanzen sogar Früchte und lieferten 5—6 Mal so viel Asche, als der Same.

Diese Versuche beweisen, daß auch der reinste Quarzsandboden immer noch Verbindungen enthalte, welche allmälig durch Verwitterung zersetzt, den Pflanzen die nöthigen Basen liefern und daß jene Menge anorganischer Stoffe, welche die Pflanze mehr, als der Same enthält, jeder Zeit von Außen aufgenommen wird und zwar ausschließlich aus dem Boden.

Die Bodenbestandtheile, welche von den Pflanzen aufgenommen werden sollen, müssen aber in flüssiger Form vorhanden sein, um die Zellenwände durchdringen zu können, welche die feinsten Filter darstellend von keinen ungelösten Stoffen durchdrungen werden (vgl. S. 458). Das Regenwasser führt die mineralischen Theile des Bodens in aufgelöster Form theils unmittelbar den Wurzeln zu, theils in die Tiefe des Bodens. Dort werden sie zwar von den Wurzeln nicht mehr erreicht, aber bei trockenem Wetter steigt das hinabgeschwemmte Wasser mit den darin gelösten Substanzen durch Capillarität wieder in die oberen Schichten herauf, wo sich die durch starken Regen verdünnte Auflösung durch Verdunstung wieder concentrirt.

Die Alkalien sind schon in reinem Wasser, Kalk- und Talkerde als Carbonate und Phosphate in kohlensäurehaltigem, in Verbindung mit Humussäure auch in reinem Wasser löslich. Eisen- und Manganoxyd werden durch die Verwesung organischer Stoffe zu Oxydul reducirt und sind dann gleichfalls als Bicarbonate löslich. Man sieht dies deutlich, wo eine Wurzel in einer durch Eisenoxyd gefärbten Erde verwest. Rund um die Wurzel entsteht ein weißer Fleck, indem das Eisenoxyd reducirt und als Oxydul weggeführt wird.

Auch bei der Verdunstung des Seewassers werden Salze als feiner unsichtbarer Staub mit emporgerissen, welche durch die Winde nach allen Richtungen vertheilt, bei ruhigem Wetter auf den Boden niederfallen.

Das Nähere über die anorganischen Nahrungsstoffe der Pflanzen findet bei der Bodenkunde Berücksichtigung.

b) Ursprung der organischen Pflanzennahrung.

Auch in Bezug auf die organischen Nahrungsstoffe ist viel darüber gestritten worden, ob sie die Pflanzen blos aus der Luft, oder aus der Luft und aus dem Boden zugleich aufnehmen. Zur ersteren Ansicht haben vorzüglich die Beobachtungen geführt, daß Pflanzen in einen Boden aus völlig unlöslichen Substanzen, wie Schwerspath, Schwefelblumen u. dgl. gesäet oder gepflanzt sich entwickeln und lange gedeihen, ja daß man einen ausgewaschenen Seesand, worin kaum eine Spur von Nahrungsstoff (Humus) zu finden ist, mit Kiefern anbauen kann, welche in 50 Jahren nicht nur dem Boden eine reichliche Beimengung und Decke von organischen Stoffen liefern, sondern auch eine große Masse Holz erzeugen.

Allein man darf nur die meisten Topfpflanzen betrachten, wenn sie im zweiten Jahre nicht in neue Erde versetzt werden, sie kommen herab zu wahren Miniaturgestalten. Dasselbe ist der Fall mit Pflanzen auf magerem Boden, welche jährlich geerntet werden. Bedenkt man auf der anderen Seite, wie auf nackten Felsen, durch Entstehung von Flechten, darauffolgende Moose und endlich auch Pflanzen höherer Art nach Jahren ein fruchtbarer Boden entsteht, ebenso wie bei einem Kieferwalde auf aus-

gewaschenem Sande, so muß es einleuchten, daß es nicht einerlei sein kann, ob die Stoffe, welche sich die Pflanzen jährlich aus der Luft assimiliren, durch die Verwesung der Pflanzen oder des abfallenden Laubes an Ort und Stelle dem Boden wieder einverleibt werden, oder als Stroh und Futter in die Scheune gelangen.

Hierdurch wäre die Annahme der ausschließlichen Ernährung aus der Luft widerlegt, aber obige Versuche hätten doch noch immer die Geltung, daß der Reichthum des Bodens an assimilirbaren Stoffen zwar allerdings zur üppigeren Entwickelung der Pflanzen beitrage, allein durchaus keine unumgängliche Bedingung zur vollkommenen Ausbildung der Pflanze bilde, da sie, wenn auch weniger üppig, auf dem magersten (aller auflöslichen Stoffe beraubten) Boden existiren könne. Allein das Samenkorn oder ein abgeschnittener Zweig bringen so viel Nahrungsstoffe mit in den mageren Boden, daß sie darin, wenn er nur feucht genug ist, wie ein in Wasser gestellter Zweig so lange fortzuleben vermögen, bis der in dem Samenkorn oder Zweige vorhandene Nahrungsstoff zersetzt und erschöpft ist. Der magere, aber feuchte Boden unterscheidet sich hier nur vom bloßen Wasser durch seine Porosität, welche den Luftzutritt zu dem unter der Erde befindlichen Samen oder Zweigende vermittelt. Dieser Luftzutritt aber ist nöthig, um den vorhandenen Nahrungsvorrath zur Keimung oder Wurzelbildung verwendbar zu machen. Ehe aber schon letztere beginnt, beobachtet man bei Pflanzenzweigen eine so starke Absonderung, daß das Wasser, in welches man dieselben gestellt hat, ganz braun davon gefärbt wird. Diese Ausscheidung aber unterliegt sogleich einer Veränderung unter dem Einflusse der Luft und des Wassers, und so wird durch diese Verwandlung aus einem Ausscheidungsstoffe wieder ein neuer Nahrungsstoff.[1]) Die Veränderung dieser Ausscheidungsstoffe an der Luft geht so schnell von statten, daß man sie hier gar nicht verfolgen kann; allein daß wirklich eine Veränderung daran stattgefunden habe, sehen wir an dem Farbwechsel der ausgeschiedenen Substanz. Sie hat in der Regel eine braune Farbe, welche so intensiv ist, daß der frisch ausgepreßte Pflanzensaft nicht farblos oder wenigstens nicht hellfarbig sein könnte, wenn die braune Färbung nicht erst an der Luft entstanden wäre. Sie scheint mit der Farbveränderung des Nahrungssaftes gleichen Schritt zu halten, welche nach einigen Minuten an der Luft erfolgt, wie man dies sieht, wenn man z. B. einen frischen Zweig zerbricht, wo die weißen Bruchflächen nach kurzer Zeit braun werden.

Die Erklärung des Keimens in unlöslichen Substanzen hat noch weniger Schwierigkeit, weil zur Keimung nichts als Wasser und Luft von entsprechender Temperatur erforderlich ist.

Die Wurzelausscheidung vermag indessen nicht mehr zu leisten, als die höchst sparsame Fortdauer der Pflanze zu sichern, außer bei den Pflanzen,

---

1) R. Hermann hat gefunden, daß die extraktiven (also an der Luft bereits veränderten) Bestandtheile der Pflanzensäfte aus Modersubstanzen (Humus=, Quell=, Quellsatzsäure 2c.) bestehen.

wo die entwickelte Thätigkeit der Blätter, wie bei den Cactusarten, die Bodennahrung entbehrlicher macht. Sonst ist aber zum Wachsthum der Pflanze jederzeit die Aufsparung des Laubes für den Boden nöthig, wie dies auch in den Wäldern geschieht.

Die Pflanzennahrung aus dem Boden ist also der aus der Luft in Beziehung auf die Priorität der Entstehung untergeordnet, aber zur Entwickelung der meisten Pflanzen völlig unentbehrlich. Wahrscheinlich ist sie es aber auch zu ihrer bloßen Fortdauer, doch steht letzteres noch so lange in Frage, bis es gelungen sein wird, bei einem Versuche die Wurzelausscheidung sogleich aus der Umgebung der Pflanze abzuleiten, was aber so leicht nicht gelingen möchte, weil durch Anwendung von zu vielem Wasser auch noch andere Störungen, namentlich die des Luftzutrittes herbeigeführt werden. Der bei Weitem größte, oder organische Theil der Bodennahrung scheint also aus der Luft durch die Pflanze selbst in die Erde gelangt zu sein. Ob aber die Nahrungsstoffe der Luft nicht auch aus dem Boden abstammen, oder sich von vornherein in der Luft vorfanden, ist eine Frage, die erst mit jener erledigt werden wird, ob zuerst der Same, oder die Pflanze existirt habe.

Daß übrigens die Bodennahrung gegen die aus der Luft keine verschwindende Größe sei, ergibt sich hinlänglich aus der vielfachen Zunahme einer aus magerem auf fetten Boden versetzten Pflanze, so wie auch daraus, daß die Wurzel sich mit derselben Masse von Verzweigungen im Boden ausbreitet, wie die Zweige in der Luft. Diese Ausbreitung hat aber offenbar nicht den bloßen Zweck, der Pflanze Feuchtigkeit zu liefern, sonst würde es nur Wasserpflanzen geben, da sich die Pflanze den ihr am besten zusagenden Standpunkt selbst wählt, d. h. der Same nur da gedeiht, wo er die nöthige Nahrung findet, die Cacteen der Tropenländer können unmöglich in dem ausgetrockneten Boden der heißen Zone Feuchtigkeit suchen, da sie dieselbe viel reichlicher in der Luft finden. Es scheint vielmehr der Boden außer zur Wasserzuführung bestimmt zu sein, die von der Wurzel ausgeschiedenen Stoffe vor Verdunstung zu schützen, ohne dieselben, wie dies im reinen Wasser geschieht, zu sehr zu verdünnen, und zugleich durch seine Porosität den Luftzutritt zur Oxydation der organischen Nahrungsstoffe zu gestatten, da zu nasser Boden den Landpflanzen so wenig zusagt, als bloßes Wasser ohne Erde.

Ganz ausgemagerter (von allen auflöslichen Substanzen befreiter) Boden ist also gleichsam ein Behälter für die Wurzel, worin sich so viel Wasser vorfindet, daß ihre Excremente (sit venia verbo) nicht vertrocknen, wie dies an oberirdischen Theilen, z. B. an den Blättern der Fall ist, sondern sich in feuchtem Zustande unter Mitwirkung der Luft wieder in Nahrungsstoffe verwandeln können; denn auch bei Pflanzen in fließendem Wasser ist der Abfluß desselben an den Stellen, wo Pflanzen wachsen, immer gehemmt, theils durch Anhäufung von Wurzeln, theils durch örtliche Verhältnisse. Ferner haften bei Wasserpflanzen die Ausscheidungsstoffe als

eine bräunliche Substanz nach Brugman's Beobachtung[1]) an den Wurzeln, wo sie nach Einwirkung der im Wasser gelösten Luft gleich wieder aufgesogen werden können. Endlich ist aber nicht blos bei stehenden, sondern auch bei fließenden Wässern der Gehalt an aufgelösten organischen Stoffen keineswegs unbedeutend, obgleich die Wasserpflanzen durchschnittlich arm an festen Bestandtheilen sind, so daß sie also nur sehr verdünnter Auflösungen organischer Stoffe bedürfen.

Für die Annahme, daß die Ausscheidungsstoffe der Wurzel von derselben später wieder aufgenommen werden, spricht besonders der Versuch des Fürsten von Salm-Horstmar (S. 391).

Die Bodennahrung ist nur zum Wachsthum nöthig, zur bloßen Fortdauer des Lebens reicht die von den Blättern aufgenommene Luftnahrung hin, wie in der Zeit zwischen dem Laubfall und der Saftbewegung, wo noch keine in der Pflanze angehäuften Nahrungsstoffe in Anspruch genommen werden.

Man kann demnach im Allgemeinen aufstellen: Die Pflanzen nehmen die Nahrung zur Fortdauer des Lebens aus dem Boden, zum Wachsthume aber aus Boden und Luft zu gleicher Zeit. Aus dem Boden schöpft die Wurzel, aus der Luft die Blätter die zu assimilirenden Stoffe. Vor der Entwickelung der Blätter empfängt der Keim seine Nahrung aus dem Samen, die Knospe aus dem Materiale, welches sich zu diesem Ende nach dem Aufhören des Wachsthumes nach Außen, vom August bis zum Winter im Holze und in der Rinde ansammelt. Es bliebe nun noch übrig zu ermitteln, auf welche Weise diese Aufnahme stattfindet und welche Stoffe die Pflanze aus dem Boden, welche aus der Luft aufnimmt.

Function der Wurzel.

Was den Aggregatzustand der aufzunehmenden Stoffe betrifft, so sind hierzu blos tropfbar flüssige und gasförmige Körper geeignet. Die Wurzeln nehmen sie vorzugsweise in flüssiger, die Blätter in luftartiger Form auf.

Man hat die Auffaugung der Wurzeln aus der Capillarität poröser Körper zu erklären gesucht, aber sie allein kann diese Auffaugung nicht bewirken, denn mit derselben Kraft, womit Haarröhrchenporen auffaugen, halten sie auch die Flüssigkeiten zurück, allein die Wurzel gibt sie beständig wieder ab, so daß sie bis in die äußersten Theile der Pflanze gelangen.

Besser läßt sich daher die Auffaugung und zugleich die Ausscheidung von Flüssigkeiten durch die Wurzel erklären nach den Gesetzen der Endosmose, wonach eine durch zwei verschiedenartige Flüssigkeiten getrennte häutige Scheidewand vermöge einer Art von Auflösung, wobei sie aber nicht flüssig wird, von der einen mehr aufnimmt als von der andern, so, daß vermöge der geringeren Fähigkeit von Seite der dichteren Flüssigkeit, die Scheidewand zu durchdringen, die Flüssigkeit in größerer Quantität nach dem Behälter anströmt, worin sich die dichtere befindet, während umgekehrt von letzterer nur eine verhältnißmäßig kleine Menge zur anderen herübergeht; diesen entgegen-

---

1) Diss. de Lolio ejusdemque varia specie L. B. 1785.

gesetzten schwächeren Strom hat man Exosmose genannt.[1]) Die Endosmose kommt jedoch nicht immer auf Seite der dichteren Flüssigkeit, sondern überhaupt auf Seite derjenigen, welche die Membran am schwierigsten durchdringt. So geht durch eine thierische Membran Wasser zum Alkohol, durch ein Kautschukblättchen hingegen Alkohol zum Wasser, weil erstere leichter von Wasser, letzteres leichter von Alkohol durchdrungen wird.

Da nun durch die Verdunstung an der Peripherie der Pflanze die aufgenommene Flüssigkeit fortwährend concentrirt wird, so muß die Aufsaugung durch die Wurzel auf der stärkeren Einströmung der dünneren Bodenfeuchtigkeit zum dichteren Nahrungssafte in der Pflanze und die Ausscheidung der Wurzel auf der geringeren Ausströmung von der dichteren Flüssigkeit in der Pflanze nach der dünneren im Boden beruhen.

Bei höherer Temperatur wird mehr Wasser durch die Pflanze verdunstet und demnach auch mit diesem Wasser mehr feste Stoffe in aufgelöster Form von der Pflanze aufgenommen, als bei niedriger, daher auch die zunehmende Wärme der Witterung, der Jahreszeit und des Klima's das Wachsthum der Pflanze befördert. Bei der Nacht, wo die Verdunstung durch die Pflanze geringer ist, findet die Anziehungskraft der Bodenflüssigkeit weniger Widerstand in der Dichtigkeit des Pflanzensaftes, daher nach Macaire-Prinsep's Versuchen die Wurzel bei Nacht mehr ausscheidet als bei Tage.

Wird der Saftstrom von Unten nach Oben künstlich unterbrochen, z. B. durch Ablösung eines ringförmigen Rindenstreifens, so concentriren sich die Säfte im oberen Theile. Derselbe trägt reichlicher Blüten und Früchte, letztere reifen schneller, die Blätter fallen früher ab und der Theil wird stärker im Holze, als der unter dem Schnitte. Die gezwungene Annahme eines eigenthümlichen absteigenden Rindensaftes wird nach dieser einfachen Ansicht entbehrlich. Die Natur der von der Wurzel ausgeschiedenen Stoffe ist noch nicht erforscht.

Wirkung der Gifte auf Pflanzen.

Sowohl organische als anorganische Stoffe, welche für Thiere Gifte sind, sind es auch für Pflanzen; sowohl Auflösungen als Gase. Sie scheinen mit den Bestandtheilen ihrer Organismen Verbindungen einzugehen, durch welche der ursprünglich in der Pflanze angeregte chemische Prozeß (Lebensprozeß) vernichtet wird.

Säuren tödten die Pflanzen auch noch bei sehr großer (mehrere hundertfacher) Verdünnung nach 1 bis 2 Tagen. Selbst kleine in der Atmosphäre zerstreute Mengen werden der Vegetation noch auf große Entfernung schädlich, wie dies die Säuren- und Sodafabriken zeigen, wo man Salzsäure aus Chlornatrium abscheidet, während Menschen und Thiere nicht merklich davon afficirt werden. Wenn Pflanzen durch kleine Mengen verdünnter Säuren durch Ätzung zu Grunde gehen, von denen sie selbst

1) Vgl. auch Napier über den Einfluß der Elektricität auf Endosmose im Philosophical Magaz. Juli 1846. S. 10; Ann. d. Chem. u. Pharm. v. Wöhler u. Liebig. 60. S. 146—151.

große Mengen enthalten, wie der Sauerampfer und Sauerklee durch Sauerkleesäure, so muß dies daher kommen, daß die sauren Säfte in eigenen Zellen abgesondert werden, auf welche sie keine Einwirkung zu haben scheinen, während diese Einwirkung auf andere Zellen sehr augenscheinlich ist. Weit weniger nachtheilig wirken Alkalien, und in hinreichend kleiner Menge befördern sie sogar die Vegetation.[1]) Scharf narkotische Pflanzenstoffe wirken auch auf jene Pflanzen giftig, von denen sie erzeugt werden.[2])

Die Pflanze nimmt Alles auf, was in ihre Umgebung kommt, und daher auch die Gifte, weil sie keine andere Wahlfähigkeit für die Auffaugung besitzt, als die, welche sich aus der größeren endosmotischen Anziehung des Pflanzenstoffes gegen den einen oder anderen Stoff ergibt. Jede Flüssigkeit ist zur Aufnahme untauglich, welche nach ihrer specifischen Natur wie Alkohol, oder nach ihrer Consistenz wie concentrirte Gummi- und Zuckerlösung die Endosmose unmöglich macht.

Obgleich aber die Pflanze für die aufzunehmenden Nahrungsstoffe kein Wahlvermögen besitzt, so entbehrt sie doch desselben keineswegs für die Assimilation des Aufgenommenen. Sie lagert die nicht assimilirbaren Substanzen in der Rinde und auf der Oberfläche der Wurzeln ab, oder gibt sie in Auflösung als Wurzelausscheidung dem Boden zurück und sucht sich insofern auch den zu ihrer Ernährung tauglichen Boden aus, indem sie nur in einem solchen zur vollständigen Ausbildung gelangt, während sie sich in einem ihrer Constitution nicht angemessenen Boden nur unvollständig oder gar nicht entwickelt. Weil ferner eine einfache Verlängerung des Stammes zwar zur Befestigung der Pflanze im Boden hinreichen würde, aber der angrenzende Boden bei der kleinen Berührungsfläche bald an Nahrungsstoffen erschöpft sein würde, so breitet sich die Wurzel nach allen Richtungen im Boden fortwährend aus, um einerseits die Pflanze mit einer größeren Masse des Bodens in Berührung zu bringen, andererseits um beim Fortrücken ihrer Fasernendigungen von Stelle zu Stelle immer neuen noch nicht erschöpften Boden zu finden.[3]). Die

---

1) Vgl. Braconnot über die verderbliche Einwirkung sehr verdünnter Säuren ꝛc. auf die Vegetation in den Ann. de Chim. et de Phys. Oct. 1846. S. 157; Dingler's polyt. Journ. Bd. 103. 1847. S. 380—389.

2) Nach anderen Versuchen dagegen (Forst- und Jagdzeitung. 1833. S. 268) wirken Pflanzengifte, wie Jalappe, Gummigutt, Tabak, Schierling, Nieswurz, Euphorbiengummi, spanischer Pfeffer ꝛc. sogar als Düngmittel und nur dann nachtheilig, wenn die Auflösungen derselben in Gährung übergehen, unter welchen Umständen aber auch indifferente Stoffe, wie Zucker, Gummi und viele Farbstoffe dieselbe Wirkung haben sollen.

3) Die Wurzel breitet sich natürlich vorzugsweise nach der Richtung aus, von welcher ihr der größte Nahrungszufluß kommt. So ist z. B. im allgemeinen Anzeiger der Deutschen 1846 S. 3292 eine Beobachtung angeführt, wo eine an der Grenze eines mageren Grundstückes stehende Repspflanze ihre Hauptwurzel mehrere Fuß lang in horizontaler Richtung in das anstoßende stark gedüngte Feldstück ausgedehnt hatte, indem sie nach dieser Seite den reichlichsten Zuwachs erhielt. Andere solche Beispiele s. unter „Zweck der Bodendecke“.

Pflanze findet in dieser Einrichtung einen Ersatz für die nur den Thieren zu Theil gewordene Fähigkeit der freien örtlichen Bewegung und der Auswahl seiner Constitution angemessener Nahrungsstoffe.

Nach Bouchard widerstehen die Pflanzen der schädlichen Einwirkung von Giften um so mehr, je besser der Boden ist, worauf sie stehen. So widerstanden Sensitiven, Menthen, Mais- und Bohnenpflanzen dieser Einwirkung länger, wenn sie in einem sandigen Boden mit Wasser begossen wurden, welches 1/200 Gewichtstheil kohlensaures oder salpetersaures Ammoniak, Chlorammonium, salzsaures Morphium, oder Chinin, salpetersaures Kali, oder schwefelsaures Eisenoxydul enthielt, als wenn sie sich unmittelbar in dieser Flüssigkeit befanden, in schlechter Dammerde widerstanden sie länger, als im Sandboden, und in vorzüglich gutem Boden litten sie erst spät und wenig [1]), d. h. die Pflanzen werden um so mehr leiden, je mehr sich das mit dem Wasser Aufgenommene auf schädliche Stoffe beschränkt, und um so weniger, je mehr die schädlichen Stoffe durch zugleich mit zugeführte assimilirbare vertheilt werden.

Ein anderer Umstand, welcher auf eine Auswahl unter den Stoffen schließen ließ, welche die Pflanze aufnimmt, ist, daß verschiedene Pflanzen, welche unter gleichen Verhältnissen auf demselben Boden dicht neben einander wachsen, bei der Verbrennung verschiedene Mengen Asche hinterlassen, allein es läßt sich diese Thatsache daraus genügend erklären, daß durch schnellere oder langsamere Verdunstung an der Oberfläche der Pflanze die Aufnahme des Wassers und der darin gelösten Stoffe aus dem Boden modificirt wird. Daß aber von verschiedenen Pflanzen einem und demselben Boden verschiedene Stoffe vorzugsweise entzogen werden, scheint darauf zu beruhen, daß die nicht assimilirten, oder nicht in der Pflanze abgelagerten Substanzen als Auflösungen wieder durch die Wurzelausscheidung in den Boden übergehen.

Schleiden erklärt die Assimilation eines Theils aus der Anziehung, welche gleichartige Stoffe zu einander haben. Kann man doch aus einer concentrirten Auflösung zweier Salze durch Hineinlegen eines Krystalls des einen oder des anderen Salzes, das erstere oder das letztere auskrystallisiren lassen. Anderen Theils beruht dieselbe nach seiner Ansicht auf der Endosmose oder Exosmose, welche je nach der Anziehungskraft einer Zellenmembran gegen die verschiedenen Flüssigkeiten stattfindet. Vgl. S. 459.

Saussure hat nachgewiesen, daß auch der Luftzutritt in die Erde eine unerläßliche Bedingung zur Vegetation ist. Die vom Boden aufgenommene Luft wirkt in dreifacher Beziehung aufs Pflanzenleben: unmittelbar durch Übergang von Sauerstoff in die Wurzel, mittelbar aber einerseits durch Übergang in den Humus, der als solcher von der Wurzel aufgenommen wird, andererseits dabei durch dessen Zersetzung Kohlensäure bildet, welche außer der Wurzel den oberirdischen Theilen zu Gute kommt. Dieser

---

1) Froriep's neue Notizen aus d. Gebiete d. Natur- u. Heilkunde. Bd. 38. 1846. S. 54.

letztere Theil ist größer oder kleiner, je nachdem der Luftwechsel in und über dem Boden stärker oder geringer ist.

Function der Blätter.

Der Zweck der Blätter scheint darin zu bestehen: 1) das überflüssige Wasser im Pflanzensafte zu verdunsten, 2) die übrig bleibende Masse dem Einflusse der Luft auszusetzen.

Das von den Blättern ausgedunstete Wasser, täglich bis 50 Procent ihres eigenen Gewichtes, läßt beim Abdampfen höchst unbedeutende Rückstände von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk, Spuren von Gummi und Harz, wahrscheinlich nur zufällig beigemengte Stoffe. Bisweilen ist die Verdunstung von einer wirklichen Secretion begleitet, die festen Stoffe bleiben dabei auf der Blattoberfläche zurück, wie beim Honigthau (einer krankhaften Erscheinung) und den Überzügen von kohlensaurem Kalk auf den Blättern mancher Pflanzen, wie beim Armleuchter (Chara vulgaris, Ch. hispida). Gegen den Herbst hin werden die Blätter trockener und härter, die Verdunstung nimmt immer mehr ab.

Außer der Verdunstung findet bei sehr feuchter Atmosphäre und besonders bei Pflanzen, die vorher sehr stark ausgedünstet haben, auch eine Aufnahme von Feuchtigkeit durch die grünen Theile statt. Bonnet fand, daß auf Wasser gelegte Blätter die Zweige frisch erhalten können, an denen sie sich befinden. Regen und Thau können sonach zur Auffrischung der Pflanze durch die Absorption der Blätter bedeutend beitragen.

Nebst der Eigenschaft, Wasser zu verdunsten, kommt den Blättern, wie allen feuchten porösen Membranen, die Eigenschaft zu, Gase durch sich gehen zu lassen, welche von den durch sie eingeschlossenen Flüssigkeiten absorbirt werden. Die Blätter nehmen Kohlensäure aus der Luft auf. Vermöge der Verwandtschaft der im Pflanzensafte enthaltenen Stoffe zu dieser Säure wird der so unbedeutende Kohlensäuregehalt der Luft (vgl. S. 113) in so großer Menge aufgenommen, daß sie in einer Reihe von Jahren den Kohlenstoff zu vielen Klaftern Holz liefert, welche man auf einem ursprünglich von allem Kohlenstoffe freien Boden erziehen kann.

Diese Anziehung von Kohlenstoff, verbunden mit einer Aushauchung von Sauerstoff, findet jedoch nur bei Einwirkung des Lichts, unter Tages statt. Bei Nacht und im Dunkeln erfolgt der entgegengesetzte Prozeß, die lebenden Pflanzentheile nehmen, wie es im Lichte nur die abgestorbenen thun, Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus[1]), und zwar ganz wie

1) Calvert und Ferrand (Über die Vegetation vom chemischen Standpunkte aus betrachtet; in Froriep's neuen Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde. Bd. 33. 1845. S. 225; Auszug aus Journ. de Chim. et de Pharm. Juni 1844 und Ann. des sciences naturelles. Dec. 1844) wollen von ihrer Untersuchung der in den Schoten des Blasenbaums (Colutea arborescens) eingeschlossenen Luft, welche bei Nacht weit mehr Kohlensäure als bei Tage enthält, die Ansicht ableiten, daß die Pflanzen gerade umgekehrt nur des Nachts Kohlensäure absorbiren. Allein diese Beobachtung scheint mir nichts als den Satz auszudrücken: Die Flächen der Pflanzen, welche abgeschlossene, aber mit Luft gefüllte Cavitäten umgeben, wirken gerade so, wie die die Pflanzen von Außen begrenzenden Flächen,

diese im geraden Verhältnisse mit der Menge ihrer oxydirbaren Bestandtheile. So nimmt nach Saussure's Beobachtung die Agave americana mit ihren fleischigen geruch- und geschmacklosen Blättern nur 0,3 ihres Volums Sauerstoff in 24 Stunden im Dunkeln auf, während die harzigen Blätter von Pinus abies die 10fache, die gerbsäurehaltigen von Quercus Robur die 14fache, die balsamischen von Populus alba die 21fache Menge des von Agave eingesaugten Sauerstoffs aufnehmen. Auch die Bildung der organischen Säuren nimmt bei Nacht zu. So schmecken die Blätter der Cotyledon calycina, der Cacalia ficoides und Anderer des Morgens wie Sauerampfer, gegen Mittag sind sie geschmacklos und am Abend bitter. Es werden also im Dunkeln mehr oxydirte Stoffe erzeugt, wie Gummi, Stärke und Zucker, am Lichte dagegen desoxydirte, wie Chlorophyll, Bitterstoffe, Gerbstoff und Schleim.

Da die Pflanze ihren Hauptbestandtheil, den Kohlenstoff nur unter Einwirkung des Lichtes aufnehmen kann, so muß die Vegetation um so rascher vor sich gehen, je anhaltender die Einwirkung des Lichtes stattfindet. Im Norden erfolgen deshalb alle Prozesse des Pflanzenlebens mit einer Schnelligkeit, wie man sie in wärmeren Gegenden, wo die Länge des Tages die der Nacht wenig übertrifft, nicht kennt. In der kalten Zone durchläuft das Pflanzenleben in sechs Wochen dieselben Perioden, wie in der heißen in so viel Monaten.

Die Atmosphäre der Pflanzen muß Sauerstoff enthalten. Sie sterben in reiner Kohlensäure und erhalten sich bei Nacht selbst in kohlensäurefreier Luft noch viel frischer, als in gewöhnlicher. Manche saftreichen Blätter, wie z. B. die der Cactus Opuntia geben in einem abgesperrten Luftraume nach Saussure keine Kohlensäure ab, sondern saugen blos bei Nacht Sauerstoff ein und geben es bei Tage wieder ab. Der eingesogene Sauerstoff kann nicht durch die Luftpumpe, sondern nur durch das Sonnenlicht wieder ausgezogen werden. Die im Dunkeln absorbirte Kohlensäurequantität ist im Frühlinge bedeutender als im Herbste, bei saftigen geringer als bei anderen. Diese Einwirkung der Luft findet nur beim Blatte, nicht aber bei anderen Pflanzentheilen statt, und zwar nur im lebenden Blatte; zerstoßene Blätter verwandeln nur einen kleinen Theil des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure, wie alle todten organischen Stoffe. Reiner Sauerstoff hat einen weniger günstigen Einfluß auf Pflanzen im Dunkeln. Im Lichte treiben sie darin etwa ebenso gut wie in atmosphärischer Luft. Im Stickstoff-, Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas sterben die Pflanzen allmälig aus Mangel an Sauerstoff und Kohlensäure.

Schwämme nehmen den Sauerstoff der Luft sowohl bei Tage, als bei Nacht reichlich auf unter Entwickelung von Kohlensäure, wovon sie selbst auch noch aus ihrer Masse einen Antheil in Freiheit setzen. Mehrere

---

d. h. sie hauchen wie jene bei Nacht Kohlensäure aus. Bei Tage müssen die inneren Flächen natürlich weit weniger Kohlensäure aushauchen, weil die durchscheinenden Häute das Licht wenigstens zum Theil durchlassen.

Chemiker haben die Eigenschaft der Pflanze, gleichzeitig Kohlensäure und Sauerstoff aufzunehmen, geläugnet, allein es liegt darin durchaus kein Widerspruch, da die nicht organisirten Stoffe im Inneren der Pflanze den gewöhnlichen Gesetzen der chemischen Verwandtschaft folgen, wonach abgestorbene Pflanzenstoffe sofort der Oxydation aus der Luft unterliegen.

Die grünen Theile der Pflanzen erhalten ihre grüne Farbe nur allmälig und in dem Maße, als das Blatt dem Sonnenlichte ausgesetzt ist. Im Dunkeln aufwachsende Pflanzen bleiben meist saftig und bekommen keine Festigkeit, wie man an den Pflanzen sieht, die unter Steinen hervorkommen. Einmengung von Wasserstoff in der Luft beschleunigt und vermehrt die grüne Farbe. Humboldt fand, daß verschiedene Pflanzen in dem beständigen Dunkel der Gruben durch die wasserstoffhaltige Atmosphäre ihre grüne Farbe entwickeln. Es scheint also hier die zersetzende Kraft des Lichtes einigermaßen durch die Verwandtschaft des Sauerstoffs der Pflanze zum Wasserstoff in der Atmosphäre ersetzt zu werden. Vgl. Blattgrün S. 349.

Eine Einathmung von Stickstoff in freier Luft hat man bei den Pflanzen noch nicht nachweisen können, wohl aber athmen die Pflanzen Stickstoff mit dem Sauerstoff im Sonnenlichte aus und Saussure hat gezeigt, daß dieser Stickstoff aus dem Inneren der Pflanze komme und nicht aus der umgebenden Luft ausgeschieden wird. Nach Boussingault rührt derselbe von der Luft her, welche in den Zwischenräumen der Pflanze, oder auch in dem Wasser enthalten ist, in welches die Wurzeln getaucht sind. Er kann aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanze nicht herkommen, da Versuche zeigten, daß die Menge des entwickelten Stickstoffs mehreremal größer ist, als es nach einer solchen Annahme sein könnte.

Wirkung der Früchte auf die Luft.

Früchte verändern, so lange sie grün sind, die Luft wie die Blätter, nur halten sie nach Saussure oft eine Portion Sauerstoff zurück, womit er die Menge freier Säure der unreifen Früchte in Zusammenhang bringt. Im Zustande der Reife absorbiren sie Sauerstoff unter Kohlensäureentwickelung.

Aus der Betrachtung der Functionen der Assimilationsorgane der Pflanzen ergibt sich die Möglichkeit, die Stoffe, welche man gewöhnlich in der Pflanze vorfindet, von Außen aufzunehmen, es bleibt nun noch übrig, die Gegenwart dieser Stoffe in der Umgebung der Pflanze, oder die Quellen der Pflanzennahrung nachzuweisen.

Ursprung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in den Pflanzen.

Die Hauptbestandtheile der Pflanzen, welche sich in denselben in größter Menge vorfinden, sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Wir finden sie in der Umgebung jeder Pflanze als Kohlensäure und Wasser, die erstere besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, das letztere aus Wasserstoff und Sauerstoff. Wir haben bereits oben (S. 382) gehört, daß die am häufigsten in der Pflanze vorkommenden Stoffe: Holzfaser, Stärkmehl, Zucker und Gummi den Kohlenstoff mit einem solchen Verhältnisse von Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, in welchem beide im Wasser enthalten sind, während ein kleinerer Theil mehr Sauerstoff enthält, wie die organischen Säuren, ein anderer weniger, wie Öle, Wachs und Harze.

Nimmt man von den ersteren z. B. den so weit verbreiteten Traubenzucker, welcher im wasserfreien Zustande aus $C_{12}H_{24}O_{12} = C_{12} + 12\dot{H}$, aus 12 Atomen Kohlenstoff mit 12 Atomen Wasser besteht, so bedarf er zu seiner Entstehung 12 Atome Kohlensäure ($12\ CO_2$) und 12 Atome Wasser ($12\ H_2O$), woraus 1 Atom Traubenzucker entsteht, während 24 Atome Sauerstoff frei werden. Zu dem Ende müßten nun 12 Atome Kohlensäure ($12\ CO_2$) zersetzt werden. Nun ist aber für deren Zersetzbarkeit bis jetzt nur der einzige Fall bekannt geworden, wo freies Kalium, wenn es mit kohlensaurem Kalk erwärmt wird, durch seine Verwandtschaft zum Sauerstoff, worin es alle anderen Körper übertrifft, sich mit dem Sauerstoff verbindet und den Kohlenstoff zurückläßt, während man auf der anderen Seite Fälle, wo Wasser durch einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft zerlegt wird, zu Hunderten aufzählen könnte, man darf nur an die Wasserzersetzung durch Metalle, Haloidsalze, Schwefelverbindungen ꝛc. denken. Die Thatsache, welche man als Beweis für die Zersetzung der Kohlensäure durch Pflanzen hat geltend machen wollen, daß nämlich Blätter unter Wasser nur dann Sauerstoff entwickeln, wenn letzteres Kohlensäure enthält und frei von Alkali[1]) ist, beweist eigentlich nur, daß die Pflanzen sich nicht mit einem ihrer Hauptbestandtheile, dem Wasserstoff des Wassers, begnügen, sondern auch zur Zunahme ihrer Masse die zwei anderen, den Kohlenstoff und Sauerstoff der Kohlensäure nöthig haben.

Gründe dafür, daß die Pflanzen nicht die Kohlensäure, sondern das Wasser zerlegen.

Es scheint also, daß die Pflanze in ihrem Streben, die ihr dargebotenen Stoffe zu desoxydiren, ebenso durch eine Säure (Kohlensäure) unterstützt wird vermöge deren Verwandtschaft zum entstehenden Produkt, wie die Metalle in ihrer Anziehung zum Sauerstoff, z. B. metallisches Kupfer zur Oxydation bestimmt wird durch die Verwandtschaft der in der Luft enthaltenen Kohlensäure zum entstehenden Kupferoxyd.

Man kann die Entstehung der meisten und wichtigsten assimilirten Stoffe durch das bloße Ausscheiden von mehr oder weniger Wasserstoffatomen erklären.

Mag nun diese keineswegs ungegründete Ansicht viel Ansprechendes für sich haben, so scheinen mir doch die folgenden Gründe den Ausschlag dahin zu geben, daß nicht Wasser, sondern wirklich die Kohlensäure bei der Assimilation durch die Pflanzen zersetzt werde:

Wahrscheinlichere Ansicht, daß die Pflanzen nicht Wasser, sondern Kohlensäure zerlegen.

1) Ist die Verwandtschaft des Wassers zum Sauerstoff größer als die des Kohlenstoffs, wie sich bei der unvollkommenen Verbrennung des Kohlenwasserstoffs (Leuchtgas) zeigt, wo blos der Wasserstoff verbrennt und den Kohlenstoff als Ruß zurückläßt.

2) Wenn die Fälle, wo Wasser beim Zusammentreffen mit Metallen und gewissen Säuren zersetzt wird, so häufig vorkommen, während von einer Zersetzung der Kohlensäure nur ein einziger Fall (vgl. oben) bekannt ist,

1) Nach Draper wird übrigens sowohl doppelt-, als einfachkohlensaurem in Wasser gelösten Kali von grünen Blättern die Kohlensäure entzogen. Lond. & Dubl. phil. Mag. 1843. Dec. S. 161—176; pharm. Centralbl. 1843. S. 907.

so rührt dies nur daher, daß die allerdings schon an und für sich starke Verwandtschaft zwischen den Bestandtheilen solcher Säuren in dem Augenblicke, wo sie mit einem Oxyd ein Salz zu bilden streben, so erhöht wird, daß sie die Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Wasserstoff im Wasser übertrifft (obgleich letztere sonst größer sein kann), weil die Verwandtschaft des Wassers zu Oxyden weit hinter der der Säuren zu den Oxyden zurückbleibt.

3) Ist die desoxydirende Kraft der Pflanzenstoffe so groß, daß Eisenoxyd davon zu Eisenoxydul,[1] ja selbst schwefelsaurer Kalk zu Schwefelcalcium (bei der Fäulniß) zersetzt wird.[2] Wenn also Pflanzenstoffe Kalk desoxydiren, so können sie offenbar noch leichter Kohlensäure zerlegen, da die Verwandtschaft des Calciums zum Sauerstoff noch stärker ist, als die des Kohlenstoffs, insofern Kalium nur die Kohlensäure des kohlensauren Kalkes, nicht aber den Kalk selbst zu zersetzen vermag.

Übrigens ist leicht möglich, daß der Sauerstoff von den Pflanzen weder aus dem Wasser, noch aus der Kohlensäure, sondern erst aus den sauerstoffreicheren Pflanzenbestandtheilen abgeschieden wird.

Ein Versuch über die Frage: ob Pflanzen die Kohlensäure in wasserfreier Luft zersetzen, läßt sich nicht anstellen, weil wasserfreie Luft um eine lebende Pflanze eine Unmöglichkeit ist.

Der Kohlenstoff der Pflanzen stammt theils aus der Luft,

Es mag nun übrigens diese oder die erstere die richtige Ansicht sein, so ergibt sich in beiden Fällen die Gewißheit, daß die Pflanzen den Kohlenstoff aus der Kohlensäure der atmosphärischen Luft empfangen, nach den oben angeführten Beobachtungen, welche man über die Function der Blätter angestellt hat.

Die Kohlensäure erhalten die Pflanzen nach Liebig durch den Athmungsprozeß der Thiere. Allein nach unseren gegenwärtigen geognostischen und geologischen Kenntnissen hat die Organisation der Erde mit der Pflanzenwelt begonnen und erst nach Jahrtausenden scheinen die Lagerungsverhältnisse der Erde sich so gestaltet zu haben, bis die Lebenskraft zur Bewegung und Empfindung potenzirt wurde. Der Kohlenstoff muß also

---

1) Faulendes Wasser nimmt oft einen Geruch nach faulen Eiern an, wenn es Gyps enthält, welcher durch organische Stoffe, wie Staub u. dgl., wenn sie faulen, (also Sauerstoff anziehen) zu Schwefelcalcium desoxydirt wird, und dieses entwickelt wieder mit den Bestandtheilen des Wassers Schwefelwasserstoffgas. So entwickeln bekanntlich die Küstenflüsse der afrikanischen Tropenländer eine ungeheure Menge Schwefelwasserstoff, indem die organischen Theile des Flußwassers zersetzend auf die schwefelsauren Salze des Meerwassers einwirken. Es scheint auch darauf die Entstehung der natürlichen Schwefelwässer und des Schwefelkieses aus schwefelsaurem Eisenoxydul zu beruhen, daher das Vorkommen desselben in Kohlenlagern, im Moorboden und die deutliche Ablagerung desselben an fossilen Pflanzen im Sandstein. Kersten erhielt durch Zusammenbringen von schwefelsaurem Blei mit in Zersetzung begriffenen Pflanzen nach einiger Zeit Schwefelblei. Vgl. Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 31. Bd. 1844. S. 491—493.

2) Eisenoxyd, mit feuchtem Humus gemengt, wird in einem wohlverschlossenen Gefäße nach einem halben Jahre großentheils zu Oxydul reducirt.

schon vor den Thieren dagewesen sein, und wir finden ihn auch in der festen Rinde der Erde für sich als Diamant, oder Graphit, oder als Kohlensäure in der Kalkformation, welche ³/₄ der festen Erdrinde ausmacht, selbst da, wo keine Überreste eine vorweltliche Organisation beurkunden.

theils aus dem Boden.

Obgleich die atmosphärische Luft mehr Kohlensäure enthält, als die Pflanzen bedürfen [1]), so ist es doch nicht ausschließlich die Kohlensäure der Luft, welche die Pflanze assimilirt, da sie sich außer der Atmosphäre noch in einem anderen kohlenstoffhaltigen Medium, nämlich im Boden mit der Wurzel ausbreitet und dessen Bestandtheile in sich aufnimmt.

Der kohlenstoffhaltige Bestandtheil des Bodens ist der Humus, welcher, wie oben bei der Function der Wurzeln gezeigt worden ist, durch die Pflanze selbst dem Boden zugeführt wurde. Er liefert der höher organisirten Pflanze einen Theil ihres Kohlenstoffs, dessen sie zu ihrer vollkommenen Entwickelung bedarf.

Dieser Humus scheint von den, dem anorganischen Reiche zunächst stehenden, Pflanzen der Vorwelt durch Assimilation von Kohlensäure dem Boden allmälig zugeführt worden zu sein, wie dies noch heute zu Tage durch die auf Felsen entstehenden Flechten geschieht, durch deren Verwesung den Moosen und endlich auch höheren Pflanzen Humus geliefert wird. Letztere vegetiren in einem von allem Humus entblößten Boden so lange nur kümmerlich, bis endlich ihre Wurzelausscheidung und die dem Boden zufallenden und verwesenden Blätter und Wurzeln einen Humus geschaffen haben, der dann durch beide jährlich in größerer Menge ersetzt, als consumirt wird. Seine Wirksamkeit ergibt sich aus der Beförderung des Wachsthums durch organische Düngmittel und aus der Erschöpfung des Bodens durch Pflanzen, welche geerntet werden.

Die Überwallung.

In manchen Fällen scheinen die Pflanzen bei plötzlichem Verlust ihrer Blätter und krautartigen Theile ihr Wachsthum sogar durch ausschließliche Ernährung aus dem Boden eine Zeit lang fortsetzen zu können. Man hat mehrmals an den Nadelhölzern eine Erscheinung beobachtet, welche man mit dem Namen der Überwallung bezeichnet. Die abgehauenen Stöcke derselben entwickeln bisweilen von den Rändern der Hiebfläche aus, ohne alle Trieb- und Blattbildung, neue Holz- und Rindenlagen, durch deren wallförmiges Vorschreiten die ganze Schnittfläche endlich verharscht.

Obgleich Göppert in seinen „Beobachtungen über das sogenannte Überwallen der Tannenstöcke. Bonn 1842" darzuthun sucht, daß die Überwallung der Stöcke auf der unterirdischen Verwachsung derselben mit den Wurzeln benachbarter Bäume beruhe, so kommt doch einestheils diese Verwachsung viel zu häufig, die Überwallung dagegen viel zu selten vor, um dieselbe von ersterer ableiten zu können, anderntheils fand Th. Hartig von drei an einem und demselben Tage gefällten Lerchenstöcken den einen überwallt, obgleich dieselben auf meilenweite Entfernung die einzigen Bäume

---

1) Vgl. Liebig's Berechnung in dessen Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur ꝛc. 6. Aufl. S. 23 u. ff.

dieser Art waren und wohl nicht mit den Wurzeln der benachbarten Wachholdern verwachsen sein konnten.

Hartig glaubt demnach, daß bei fortdauernder Lebenskraft des Stockes die Überwallungsschichten sich aus den im Stocke und in den Wurzeln abgelagerten Nahrungsstoffen entwickeln. Allein, kann man auch annehmen, daß die schon zuvor angehäufte Nahrung das Leben noch einige Zeit zu unterhalten vermöge, so ist es doch nicht wohl denkbar, daß dieser Vorrath auch eine Zunahme des Umfangs bewirken sollte, ohne dabei durch neue, aus dem Boden aufgenommene, Nahrung ersetzt zu werden.

Noch deutlicher zeigt dies eine Beobachtung von Raab[1]): Pflanzen von Phaseolus vulgaris L., welche zwar ihre Vollkommenheit, aber in Folge einer mit Kälte, Wärme und Trockenheit abwechselnden Witterung nicht ihre gewöhnliche Größe erreicht hatten, obgleich sie trotz ihrer Kleinheit mit Blüten und Früchten reichlich beladen waren, erfroren Anfangs September in einer kalten Nacht. Bei der später wieder eintretenden schönen Witterung trieben die erfrorenen Pflanzen wieder, bis ein abermaliger Frost Ende Octobers ihrer Vegetation ein Ziel gesetzt zu haben schien. An den Trieben zeigten sich hier und da Blüten, welche aber, vor der Fruchtbildung vom Froste überrascht, vernichtet wurden.

Als man beim Sammeln der Stangen zugleich die Stöcke mit auszog, fand Raab statt der gewöhnlichen, sonst dünnen, langfaserigen, holzigen und ästigen Wurzeln, rübenartige, mitunter stark fingerdicke, leicht zerbrechliche, inwendig schneeweiße Wurzeln, die, wie die Georginen, viele kleine Knollen angesetzt hatten und 25% ganz dem Arrowroot ähnliches Stärkmehl enthielten[2]). Offenbar hatte die bei der Vernichtung des oberirdischen Theils der Pflanze noch vegetationskräftige Wurzel die zuvor mit den oberirdischen Organen getheilte Ernährung allein übernommen und nicht blos die zur Entwickelung neuer Triebe nöthige Menge von Nahrungsstoffen ausschließlich aus dem Boden aufgenommen, sondern auch jene, welche für die bei dem abermaligen Erfrieren dieser Triebe in ihr selbst angehäufte Menge von Stärkmehl erforderlich war.

Nach Saussure's Versuch (vgl. S. 453) kann bei der jungen Pflanze das Humusextrakt selbst ganz die Nahrung ersetzen, welche diese aus dem Endospermum erhält.

Nach Liebig nehmen die Wurzeln den Kohlenstoff nicht als Humus, sondern ausschließlich als Kohlensäure auf.

Nach Liebig ernährt der Humus die Pflanze nicht deshalb, weil er in löslichem Zustande von derselben aufgenommen und als solcher assimilirt wird, sondern weil er eine langsame und langdauernde Quelle von Kohlensäure darstellt, welche, als das Hauptnahrungsmittel, die Wurzeln der Pflanze mit Nahrung versieht, und diese Annahme begründet er durch die unbedeutende Löslichkeit der Humussäure, wornach sie bei 18° C. 2500 Theile

---

1) Mitgetheilt in Buchner's Repertorium für die Pharmacie. 16. Bd. 1824. S. 252.

2) Die gesunden Wurzeln dieser Pflanzen enthalten nach Hünefeld gar kein Stärkmehl. S. Erdmann's Journal für prakt. Chemie. 16. S. 361.

Wasser zu ihrer Auflösung fordert und mit Alkalien, Kalk und Bittererde Salze von gleicher Löslichkeit bildet, und ihre geringe Auflöslichkeit vollständig verliert durch das Austrocknen an der Luft und durch das Gefrieren ihrer Auflösung.

Gründe gegen die ausschließliche Ableitung des Kohlenstoffs aus der Kohlensäure.

Es ist durchaus kein Grund vorhanden, die Absorption der sowohl vom Boden aus der Luft absorbirten, als bei der Zersetzung des Humus entweichenden Kohlensäure durch die Wurzeln, in Abrede zu stellen, und es ist dies auch die am meisten verbreitete Ansicht der Pflanzenphysiologen. Diese Kohlensäure wird, wie es scheint, in Wasser gelöst, von der Wurzel gleich allen übrigen löslichen Bestandtheilen des Bodens aufgesogen. Ebensowenig kann aber die Möglichkeit geläugnet werden, daß die Wurzel Humusextrakt aufnehmen könnte, wenn dieses, wie die Kohlensäure, im gelösten Zustande sich vorfindet.

Was seine Löslichkeit betrifft, so liefern die negativen Angaben der Chemiker noch keinen zureichenden Beweis wegen der außerordentlichen Manchfaltigkeit der braunen Extraktsubstanzen, welche man alle mit dem Namen des Humus belegt, worüber sich Liebig selbst beklagt, und was die vollständige Zerstörung seiner Auflöslichkeit durch den Einfluß der Luft beim Austrocknen betrifft, hat Schultz[1]) im Gegentheile gefunden, daß Dammerde von höher gelegenen Orten beim Auskochen mit Wasser ein weit gesättigteres Decoct liefert, als die von sumpfigen Gegenden, obgleich die organischen Reste des Bodens bei derselben so vollständig verweset erschienen, als bei der ersteren.

Möchte aber auch immerhin die Auflöslichkeit des Humusextrakts nicht sehr groß sein, so wird dieselbe durch die große Quantität, in welcher die Pflanzen die Feuchtigkeit des Bodens auffaugen, ersetzt, und es kann im Gegentheil die Masse des Kohlenstoffs, welchen die Pflanze aus einem fetten Boden aufnimmt, nicht so schnell durch die bei der Verwesung entwickelte Kohlensäure geliefert werden, auch müßten die Versuche mit Begießung der Pflanzen mit kohlensaurem Wasser bessere Resultate geliefert haben.

Da man weiß, daß die Pflanze alle Stoffe, welche im Wasser gelöst sind, ohne Unterschied auffaugt, so muß sie auch das darin aufgelöste Humusextrakt auffaugen. Diese Lösung müßte aber trotz ihrer großen Verdünnung — bei der fortwährenden Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der Pflanze — den Pflanzensaft braun färben, indem mit Farbauflösungen begossene Pflanzen sehr bald die Farbe derselben zeigen. Da aber der Pflanzensaft farblos ist, so muß eine chemische Veränderung mit dem Humusextrakt vorgegangen sein, eine Veränderung, welche durch die in der Pflanze enthaltenen Materien nach den gewöhnlichen Verwandtschaftsgesetzen nicht hätte erfolgen können, d. h. das Humusextrakt ist durch die Lebenskraft der Pflanze verändert -- assimilirt worden.

---

1) Poggendorff's Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 64. 1845. S. 141.

Wenn andere gefärbte Substanzen bei ihrem Übergange in die Pflanze derselben ihre Farbe geben, so zeigt dies blos, daß die Lebenskraft auf solche Substanzen nicht zu influiren, dieselben nicht zu assimiliren vermag, daß demnach nur gewisse lösliche organische Stoffe zur Ernährung der Pflanzen geeignet sind, und daß zu diesen das Humusextrakt gehört, welches die Natur wegen seiner großen Verbreitung im Boden zu diesem Zwecke vorzugsweise oder ausschließlich bestimmt zu haben scheint.

Persoz fand, daß Balsaminenpflanzen ohne Wurzel in Indigolösung getaucht, sich blau färben und bald absterben. Bringt man sie dagegen mit der Wurzel in diese Lösung, so entfärben sie den aufgenommenen Indigo, er nimmt erst in den Blättern wieder seine blaue Farbe an und die Pflanzen leben dabei ganz gut fort. Wenn also nicht assimilirte Stoffe schädlich auf die Pflanzen einwirken, so müssen wohl die den Pflanzen so wohlthätigen Humussäuren assimilirt werden, ohne sich aber, wie der Indigo, wieder an den sich entwickelnden Theilen im ursprünglichen Zustande wieder abzuscheiden, weil sonst die Oberfläche der meisten Pflanzen braun sein müßte.

Den Beweis, daß die Pflanzen nicht, der Annahme der Physiologen zufolge, die hinreichende Menge Humussäure dadurch erhalten, daß deren Auflöslichkeit durch Bildung von humussauren Salzen bedeutend vermehrt werde, sieht Liebig darin, daß die in der Asche gefundene Menge basischer Metalloxyde bei Weitem nicht zur Auflösung jener Quantität Humussäure hinreicht, welche zur Bildung der organischen Bestandtheile (z. B. des Tannenholzes) nöthig wäre. Dagegen ist aber zu erinnern, daß zugleich mit der Verwandlung der Humussäure in feste Pflanzenbestandtheile auch neue organische Säuren entstehen, welche vermöge ihrer größeren Sättigungscapacität eine größere Menge dieser Metalloxyde zu sättigen vermögen, als die Humussäure. Nach den Gesetzen der Exosmose wird dann der Pflanzensaft, welcher eine mehr concentrirte Salzauflösung darstellt, als die Bodenfeuchtigkeit, wieder durch die Wurzel ausgeschieden und aus dem Boden durch eine mehr verdünnte Auflösung ersetzt, welche sich hierauf in der Pflanze durch die Verdunstung an ihrer Oberfläche schnell wieder concentrirt, woraus sich auch zum Theil (vgl. S. 478) der Zweck der Bildung von organischen Säuren im Pflanzenorganismus erklärt. Dieselben sind nämlich dieser Annahme zufolge bestimmt, die Auflösung der Metalloxyde zu übernehmen, nachdem letztere die Humussäure bei ihrem Übertritte in die Pflanze abgetreten haben.

Mag nun auch, trotz dieser Erklärung, die im Boden vorfindliche Quantität von basischen Metalloxyden noch immer nicht zureichen, daß aller Kohlenstoff als Humussäure in die Pflanze gelange, so ist dies gewiß auch noch nicht behauptet worden, sondern nur, daß die Aufnahme von Humussäure für die meisten Pflanzen förderlich und selbst zu einer vollkommen gesunden Ausbildung unentbehrlich sei.

Nach Liebig streitet ferner die Ähnlichkeit des Humus in seiner Zusammensetzung mit der der Pflanze gegen die Aufnahme desselben durch die

Wurzel, da er selbst als krankhafte Ausscheidung der Pflanzen vorkomme, wie z. B. kranke Ulmen, Eichen und Roßkastanien humussaure Salze ausschwitzen.

Was aber diesen Einwurf betrifft, so ist durchaus nicht einzusehen, warum gerade die Pflanzen nicht ihrer Constitution verwandte Stoffe aufnehmen sollen, da dies doch bei den Thieren stattfindet, sie ernähren sich von Stoffen, welche sie durch ihren eigenen Lebensprozeß im gesunden und kranken Zustande erzeugen; auch erinnert Meißner an die Schmarotzerpflanzen, welche mit gar keinem Humus in Berührung kommen, sondern mit ihrer Wurzel ausschließlich das assimiliren können, was eine andere Pflanze assimilirt hat.

Ein anderer Grund, welchen Liebig anführt, nämlich die braune Farbe des Humusextrakts, während die Pflanzensäfte weiß seien, hat, wie schon oben angedeutet wurde, ebensowenig Beweiskraft, da doch bekanntlich dieser weiße oder farblose Pflanzensaft umgekehrt durch Oxydation an der Luft so leicht wieder in braunen Extraktivstoff übergeht und die Vegetation der Hauptsache nach in einem Desoxydationsprozesse besteht, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Zu allem Überflusse endlich wies Saussure die Absorption des Humusextrakts durch directe Versuche wirklich nach, denen zufolge Polygonum Persicaria 5, Bidens cannabina 6% davon aufnehmen.

Fand auch Hartig, daß Bohnenpflänzchen in humussaurer Kalilösung zu Grunde gehen, so beweist dies eigentlich nur, daß Bohnen keine Wasserpflanzen sind. Ebenso kann aus Schleiden's Beobachtung, daß Protococcus viridis in mit Kohlensäure geschwängertem Wasser besser gedeiht, als in mit Dammerdeextrakt versetztem, blos gefolgert werden, daß Wasserpflanzen vermöge ihres Standortes mehr auf Kohlensäure, als auf Humusextrakt angewiesen sind, ohne daß dieser Schluß auch auf Landpflanzen anwendbar wäre. (Vgl. auch S. 457 über die Wurzelausscheidung.)

Der Vegetationsprozeß ist der Hauptsache nach eine Desoxydation

Das von der Pflanze aufgenommene Humusextrakt wird durch die Assimilation desoxydirt. Der ausgeschiedene Sauerstoff entweicht nebst dem der zersetzten Kohlensäure durch die Blätter, zum Theil wird er unter Vermittelung der aus dem Boden mit aufgenommenen Basen zur Bildung der organischen Säuren verwendet. Aus Schultz' Untersuchungen[1]) geht hervor, daß sowohl Blätter, als Wurzeln bei Abhaltung aller Kohlensäure aus Dammerdeextrakt bei Lichtzutritt reichliche Mengen von Sauerstoff entwickeln und sich darin viel länger frisch erhalten, als in irgend einer anderen Flüssigkeit. Die desoxydirende Kraft der Pflanzen geht, nach Schultz, so weit, daß sie außer Humusextrakt und anderen indifferenten kohlenstoffhaltigen Substanzen, wie Zucker, sogar die meisten Pflanzen- und Mineralsäuren zu zersetzen vermögen unter Ausscheidung von Sauerstoffgas[2]).

---

1) Die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung. Berlin 1844.

2) Grischow (Journ. f. prakt. Chemie. 1845. Bd. 34. S. 163) konnte jedoch bei Wiederholung der Versuche letztere Resultate nicht erhalten; ebenso Grisebach

Mögen sich indessen diese Beobachtungen immerhin als falsch erweisen, so gewinnt doch diese Annahme einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit durch die schon oben angeführte Beobachtung, welche Persoz in seiner Chimie moléculaire mittheilt. Er fand, daß Balsaminenpflanzen Indigoauflösung durch ihre Wurzeln farblos aufnehmen, d. h. der Indigo wird im Innern der Pflanze desoxydirt. Sobald er aber wieder mit dem Sauerstoff in nähere Berührung tritt, — in den Blättern — wird er wieder oxydirt und erscheint mit blauer Farbe.

Das Humusextrakt verliert beim Übergange in die Pflanzensubstanz seine braune Farbe, wird farblos, aber es tritt die Farbe wieder durch Reoxydation hervor in den der Vollendung und dem Tode entgegengehenden Stoffen, sobald sie der Sauerstoff der Luft an der Oberfläche der Pflanze erreicht. Wir sehen dies an der Rinde und den älteren Theilen des Holzes, sowie an der reifen Frucht, sie färben sich dunkel, Extraktivstoff und Gerbsäure bilden sich aus. Auch die Harzbildung durch Oxydation der ätherischen Öle gehört hierher.

Aus den Versuchen von Saussure, wonach unzersetzte Pflanzen mehr Sauerstoff enthalten, als ihr Zersetzungsprodukt (der Humus), und aus denen von Grischow, wonach die Pflanzen keine Veränderung oder sogar eine Sauerstoffentziehung in der Luft bewirken, ferner daraus, daß die Pflanzen die meiste Zeit im Dunkeln oder im Schatten stehen, wo sie Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure aushauchen, glaubt Meyen[1]) schließen zu dürfen, daß der Athmungsprozeß der Pflanzen, wie der der Thiere in einer Entkohlung der Substanz bestehe.

Hiergegen ist aber einzuwenden, daß andere Versuche, wie die von Schultz, zeigen, daß die Pflanzen (wenn auch in geringerem Verhältnisse) auch bei trübem Himmel, also überhaupt immer bei Tage Sauerstoff ausscheiden. Wenn aber der Einfluß des Lichtes und mit ihm die Sauerstoffentwickelung ganz aufhört, nämlich bei Nacht, dann verhalten sich die lebenden Pflanzen wie die abgestorbenen, ihr Kohlenstoff entweicht, oxydirt durch den Sauerstoff der Luft als Kohlensäure. Dauert diese Lichtentziehung längere Zeit, so vermindert sich aber auch ihr Kohlenstoffgehalt merklich, wie dies Hassenfratz beim Keimen und Saussure bei der Vegetation an einem schwach erhellten Orte beobachtete. Die Pflanzen zeigen unter solchen Verhältnissen ein kränkliches Aussehen und sterben endlich ganz ab.

Im Gegentheile findet man, daß in Jahreszeiten und Gegenden, wo die Unterbrechungen des Lichtzutrittes am kürzesten sind, wie in den langen Tagen des Sommers und im Norden, die Entwickelung der Pflanzen am raschesten und wo das Sonnenlicht am wenigsten getrübt ist, also am intensivsten wirkt, nämlich in den Tropenländern, am vollkommensten erfolgt.

(Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 64. 1845. S. 630), Barreswil und Boussingault. Vgl. auch Hirschfeld, Versuch einer Materialrevision der wahren Pflanzennahrung. Hamburg, Nestler u. Melle 1846 und Goldmann im Berliner Gewerbe-, Industrie- und Handelsblatt. 1846. S. 258—260 u. 266—268.

1) Pflanzenphysiologie. II. S. 150.

Was den Umstand betrifft, daß das Zersetzungsprodukt der Pflanze, der Humus, weniger Sauerstoff enthält, als mehrere Hauptbestandtheile der lebenden Pflanze, so ließ sich derselbe schon daraus erklären, daß es die nur kleinere Menge des Kohlenstoffs ist, welche die mehr auf Sauerstoffaufnahme angewiesene Wurzel aus dem Humus assimilirt, während die größere Menge desselben aus der Luft aufgenommen zu werden scheint, wobei sich offenbar eine Desoxydation ergibt, wenn man sich die Bestandtheile der Holzfaser = $C_{36}H_{22}O_{22}$ aus 22 Atomen Wasser ($\dot{H}$) und aus 36 At. Kohlenstoff der Luft entstanden denkt.

Wenn endlich auch der Sauerstoff im Humus zu den übrigen Bestandtheilen in einem geringeren Verhältnisse steht, als im Faserstoff und anderen Pflanzensubstanzen, so ist diese Verminderung trotzdem durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft entstanden, indem sich derselbe, wie S. 366 gezeigt wurde, mit dem Wasserstoff des Faserstoffs zu Wasser vereinigte. Die Umwandlung des Faserstoffs in Humus ist sonach ebensowohl als ein Oxydationsprozeß zu betrachten, als die blaue Färbung des reducirten Indigos (vgl. S. 347), ebenso die Entstehung der braun gefärbten Extraktivstoffe aus den farblosen Pflanzensäften an der Luft. Der Indigo wird nur durch Sauerstoffentziehung entfärbt, und da die Entfärbung des Indigo in der Pflanze ganz unter denselben Umständen erfolgt, wie die der Humussubstanzen (vgl. S. 472), so ist auch umgekehrt anzunehmen, daß der Humus bei seiner Assimilation eine Desoxydation erleide.

Einfluß der Vegetation auf die Luft.

Nachdem die Beobachtung gemacht war, daß die Pflanzen Kohlensäure auffaugen und Sauerstoff entwickeln, lag allerdings die Vermuthung sehr nahe, daß die Verderbniß der Luft, welche aus der Aufnahme von Sauerstoff und Aushauchung von Kohlensäure beim Athmungsprozesse der Thiere und aus dem Verbrennungsprozesse hervorgeht, durch den Vegetationsprozeß beseitigt werde. Aber es ist dies schon deswegen nicht möglich, weil die Thiere das ganze Jahr und bei Tag und Nacht Sauerstoff consumiren, während die Vegetabilien denselben nur im Sonnenschein und fast gar nicht im Winter, dagegen aber übermäßig im Sommer liefern. Es wäre dann unmöglich, in keiner Jahreszeit und in keinem Klima Mangel oder Überfluß an Sauerstoff zu finden. Die Unmöglichkeit, daß die beim Athmungs- und Verbrennungsprozesse erzeugte Kohlensäure von den Pflanzen verzehrt werde, ergibt sich noch besser aus folgender Berechnung, welche Hlubek in seiner Statik des Landbaues aufführt.

Die Bestandtheile der Atmosphäre unseres Planeten enthalten:

75279	Billionen	Centner	Stickstoff,
20011	"	"	Sauerstoff,
96	"	"	Kohlensäure, welche aus
69	"	"	Sauer- und
27	"	"	Kohlenstoff zusammengesetzt ist.

Die jährlich erzeugte Kohlensäure beträgt:

98262 Millionen Centner beim Verbrennungs- und
168730 „ „ Lebensprozeß, zusammen
266992 Millionen Centner.

Wird von der beim Verbrennungsprozesse erzeugten Kohlensäure auch ganz abstrahirt, so kommen dennoch auf 1 niederösterreichisches Joch von 1600 Quadratklaftern 1827½ Centner Kohlensäure oder 393,3 Centner Kohlenstoff, welchen sich die Culturpflanzen aneignen müßten, wenn sich die durch das Thierreich allein erzeugte Kohlensäure in der Atmosphäre nicht anhäufen sollte.

Endlich ergeben auch die Versuche von Woodhouse, Saussure, Link und Grischow an den grünenden Theilen von Pflanzen, welche sie, ohne dieselben ihrem natürlichen Standorte zu entziehen, in Recipienten abschlossen, deren Luft die gewöhnliche Zusammensetzung unserer Atmosphäre hatte, daß die Pflanzen bei längerer Vegetation in eingeschlossener Luft durch ihre grünenden Theile die Mischung der Atmosphäre nicht verändern, sondern so viel Kohlensäure bei Nacht aushauchen, als sie bei Tage wieder aufnehmen.

Ursprung des Stickstoffs in den Pflanzen.

Was den Stickstoffgehalt der Pflanzen betrifft, so hat bis jetzt noch ebensowenig nachgewiesen werden können, daß ihn die Pflanzen im freien Zustande aufnehmen, als daß sie ihn ausschließlich aus der Luft erhalten, wie sich aus den Versuchen des Fürsten zu Salm Horstmar[1]) und Anderer ergibt.

Derselbe fand nämlich, daß in einen vor Wind geschützten Flugsand gepflanzte Kiefern und Fichten nicht wachsen wollten, während sie in den diesen Distrikt umgebenden Flugsandflächen recht gut wuchsen. Er bestreute den unfruchtbaren Flugsanddistrikt mit frischer Buchenasche, welche flach untergeschaufelt wurde, aber die Bäume wuchsen nicht besser.

Er füllte mit dem unfruchtbaren Flugsand (der kaum eine Spur organischer Bestandtheile enthielt, denn beim Erhitzen bis zum anfangenden Glühen erschien keine schwärzliche Färbung, sondern ein kaum sichtbarer grauer Stich) einen Blumentopf, mit ½ Loth geglühter Buchenasche oberflächlich gemengt, mit einigen Körnern von Buchweizen, Hafer, Klee- und Grassamen und begoß mit Regenwasser. Die Körner gingen gut auf, die Pflanzen erlangten aber vom 20. Mai bis 22. Juni nur eine Höhe von 1—3 Zoll. Am 22. Juni wurden die Pflänzchen mit 2 Tropfen einer starken Lösung von salpetersaurem Ammoniak mit ¼ Schoppen Wasser verdünnt begossen. Sie färbten sich in wenig Tagen dunkelgrün und wuchsen wie von einem neuen Lebensgeist erfüllt. Der Buchweizen wuchs sehr üppig und blühte reichlich, Klee und Gras blieben am meisten zurück und der Hafer setzte nur 2 Körner an.

Er bestreute ferner von einem noch uncultivirten Heideboden nach Entfernung des Heidekrautes einen Theil mit frischer Buchenasche, einen Theil mit derselben Quantität Asche, nachdem dieselbe zuvor mit Wasser aus-

1) Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 37. 1846. S. 341.

gelaugt war, und begoß eine gleiche Fläche mit der bei diesem Auslaugen erhaltenen Aschenlauge. Alle 3 Proben wurden mit Klee und Gras angesäet. Der Klee wuchs schon im ersten Jahre auf Probe 1 sehr gut, auf 2 sehr mittelmäßig, aber im 2. und 3. Jahre gut, auf den anderen Proben im 1. und 2. Jahre schlecht.

Ein gleichzeitiger Versuch mit Knochenmehldüngung auf diesem Boden gab das auffallende Resultat, daß der Klee gar nicht darauf wachsen wollte, sondern nach dem Aufgehen wieder verschwand, während das gesäete Gras schon im ersten Jahre sehr gut wuchs.

Wahrscheinlich gab der Stickstoff des Knochenmehls dem Grase auf dem sauren Heideboden schon im ersten Jahre, was ihm die Asche beim obigen Versuche nicht geben konnte. Ferner zeigen diese Versuche, daß der Klee Stickstoff aus der Luft assimilire, das Gras dagegen diese Eigenschaft nicht besitze und daß der Heideboden, mit Asche versehen, den für das Gras nöthigen Stickstoff erst nach einem Jahre aufgenommen hat. Auch nach den Beobachtungen von Hannam, Chatterly, Flemming, Kuhlmann, Schattenmann u. a. übt Ammoniakdüngung auf Cerealien, Gras und Kartoffeln eine günstige Einwirkung, während die Angaben englischer und französischer Landwirthe darin übereinstimmen, daß sie davon auf Klee und Luzerne durchaus keinen nützlichen Einfluß bemerken konnten. Auch Boussingault fand aus seinen Versuchen, die er mit in ausgeglühten Sand oder Thon gesäeten Samen anstellte, daß Klee und Erbsen in solchem Boden reife Samen ansetzen, also ihren Stickstoff aus der Luft aufnehmen, was auch Mulder bestätigt fand, während die Gramineen in einer von stickstoffhaltigen organischen Stoffen freien Erde keine Samen ansetzen. Erstere wuchsen auf dem stickstofffreien Boden weit weniger üppig, aber der Stickstoffgehalt der reifen Pflanze nebst ihren Samen war doppelt so groß, als in dem ausgesäeten Samen, während die Stickstoffmenge in Weizen- und Haferpflanzen jener der Samenkörner gleich war.

Aus diesen Versuchen ergibt sich unzweifelhaft, daß, wenn auch einige Pflanzen ihren Stickstoffbedarf der Luft zu entnehmen vermögen, dies doch durchaus nicht bei allen der Fall ist[1]).

Wenn es nun zum Theil die Luft, zum Theil der Boden ist, welche der Pflanze ihren Stickstoffbedarf liefern, so fragt sich weiter, in welcher Form sie denselben in beiden Medien findet.

Im Boden lassen sich dreierlei stickstoffhaltige Materien nachweisen: Ammoniak und Salpetersäure, beide als Salze, und stickstoffhaltige organische Substanzen. In der Luft sind nur die beiden ersteren denkbar.

Obgleich es nicht unmöglich wäre, daß die Blätter, wie Bequerel meint, der Luftfeuchtigkeit Sauerstoff entziehen, wobei der austretende Wasserstoff sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak verbinde, wie bei

---

1) Vgl. auch die Versuche von Kuhlmann und Schattenmann mit schwefel-, salpeter- und kohlensaurem Ammoniak, Chlorammonium 2c.; Compt. rend. 17, S. 1118—1134; pharm. Centralbl. 1844. S. 182—186.

der Oxydation des Eisenvitriols in der Luft (vgl. S. 111), und als Ammoniak in die Pflanzen übergehe, so fehlt es doch zur Begründung dieser Ansicht noch an einem Apparat, wodurch man diese Aufnahme von Stickstoff mit Sicherheit nachweisen könnte.

Der Stickstoff der Pflanzen stammt zum Theil vom Ammoniak.

Daß übrigens Ammoniak, wenn auch nicht als solches in den Pflanzenorganismus übergehen könne, scheint sich aus anderweitigen Zersetzungen desselben zu ergeben. Verwandelt sich doch, wie Liebig anführt, bei höherer Temperatur ameisensaures Ammoniak in Blausäure und Wasser, bildet doch das Ammoniak mit Cyansäure Harnstoff, mit ätherischem Senf- und Bittermandelöl eine Reihe krystallisirbarer Körper ꝛc.

Ammoniakgehalt der Luft.

Schon im Jahre 1820 war die Gegenwart des Ammoniaks in der Luft und im Regenwasser bekannt. Bewahrt man z. B. eine, wenn auch verschlossene Flasche mit Salzsäure an einem noch so gut vor thierischen Ausdünstungen und Fäulnißprodukten verwahrten Orte, so bedeckt sie sich doch bald an der Mündung mit einem reichlichen Anfluge von Salmiak. Schwefelsaure Thonerde verwandelt sich an der Luft allmälig in Ammoniakalaun. Dieser Ammoniakgehalt kommt aber der Luft zu durch ununterbrochen in Zersetzung begriffene Thier- und Pflanzenmassen. Auch die von den Thieren ausgeathmete Luft enthält nach Thompson kohlensaures Ammoniak, und zwar beträgt die Menge davon bei gesunden Menschen in 24 Stunden über 3 Gran.[1]) Das Ammoniak wird, wie es scheint, von den Blättern wie die Kohlensäure zerlegt, und vom Boden absorbirt auch den Wurzeln zugeführt.

Ammoniakgehalt des Bodens.

Aber der Gehalt der Luft an Ammoniak ist nicht die einzige Quelle des Stickstoffs in den Pflanzen. In bei Weitem reichlicherem Maße wird der Stickstoff denselben dargeboten durch die im Boden faulenden organischen Stoffe, denn man weiß, daß die Wirksamkeit des Düngers in geradem Verhältnisse mit der Quantität seines Stickstoffgehaltes steht.

Nicht blos stickstoffhaltige, sondern auch stickstofffreie organische Stoffe führen der Pflanze den Stickstoff zu.

Unter den verschiedenen Düngstoffen ist allerdings der Harn der Thiere der reichste an Stickstoff, allein auch die festen Thierexcremente und selbst Stoffe, welche ursprünglich gar keinen Stickstoff enthalten, wie die Pflanzenfaser, nehmen denselben bei der Fäulniß nach Hermann's Beobachtungen (vgl. S. 417) in großer Menge aus der Luft auf, so daß sie dann bei fortschreitender Fäulniß ganz ebenso Ammoniak entwickeln, wie die stickstoffhaltigen Körper. Es kann sich also die Pflanze auf diese Weise ihren Bedarf an Stickstoff durch Verwesung der Blätter und abgestorbenen Wurzeln selbst verschaffen.

---

1) Man kann dasselbe im Athem nach Thompson nachweisen, wenn man die einzuathmende Luft durch verdünnte Schwefelsäure und die ausgeathmete durch eine mit kaltem Wasser gefüllte Röhre gehen läßt. Säuert man die Flüssigkeit mit 1—2 Tropfen reiner Salzsäure an und verdampft im Wasserbad zur Trockne, so erhält man einen Rückstand, welcher in 5 oder 6 Tropfen Wasser gelöst und in einem Reagircylinder mit Kalilauge zusammengebracht, Ammoniak entwickelt. Zur deutlichen Nachweisung muß die Respiration 1—2 Stunden dauern. Philos. Magaz. and Transact. III. Sér. Vol. 30. S. 124—125; pharm. Centralbl. 1847. S. 384.

Das Ammoniak wird nicht als solches aufgenommen.

Da die Kohlensäure bei ihrem Übergang in den Pflanzensaft zersetzt zu werden scheint, so ist es auch wahrscheinlich, daß das Ammoniak nicht als solches, sondern in zersetzter Form von der Pflanze aufgenommen werde und das Ammoniak, welches man in verschiedenen Verbindungen in der Pflanze, wie namentlich im Ahorn-, Birken-, Reben- und Runkelrübensafte in reichlicher Menge antrifft, scheint, wie die übrigen stickstoffhaltigen Basen, die Alkaloide sich erst in der Pflanze selbst gebildet zu haben.

Die günstigen Einwirkungen auf die Vegetation, durch welche sich die Salze der Salpetersäure vor denen aller übrigen Säuren auszeichnen, wenn sie dem Boden einverleibt werden, führten zu der Annahme, daß auch die Salpetersäure eine Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen bilde, oder daß vielleicht sogar das Ammoniak erst in Salpetersäure übergehen müsse, bevor es den Pflanzen Stickstoff liefern könne. In Bezug auf den Boden haben die Versuche von Kuhlmann diese Frage beantwortet. Wie schon S. 118 angegeben, erfolgt in der Tiefe des Bodens, also im Bereiche der Wurzeln die Umwandlung der Salpetersäure in Ammoniak, der umgekehrte Fall aber an der Oberfläche des Bodens. Diese Thatsache allein berechtigt schon zu der entgegengesetzten Annahme, daß die Salpetersäure erst nach ihrer Umwandlung in Ammoniak zur Stickstoffquelle für die Pflanzen werde. Den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit erhält dieselbe aber durch die directen Versuche von Kuhlmann[1]), aus welchen sich ergab, daß gleiche Quantitäten Stickstoff, einmal als schwefelsaures Ammoniak, das andere Mal als salpetersaures Natron in den Boden gebracht, in der Form von Ammoniak eine doppelt so große Ernte lieferten, als in der Form von salpetersaurem Natron. Da nun die Salpetersäure in der Luft gleichfalls als Salz (als salpetersaures Ammoniak) vorhanden ist, so läßt sich vermuthen, daß auch dort diese Säure nicht als eine unmittelbare Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen zu betrachten sei, sondern (vielleicht erst nach der Absorption vom Boden) vorher in Ammoniak übergehe.

Die Frage, ob die Pflanzen den Stickstoff **nur** aus dem Ammoniak aufnehmen, ist indessen durchaus noch nicht entschieden, denn es ist ebensowohl denkbar, daß die Wurzeln auch anderweitige stickstoffhaltige Substanzen aufsaugen, als man von der sich entwickelnden Pflanze nach Boussingault's Versuchen weiß, daß sie die stickstoffhaltigen Verbindungen des Samens assimilirt.

Ursprung des Schwefels und Phosphors in den Pflanzen.

Viele Pflanzen enthalten außer den bereits angeführten Bestandtheilen eine nicht unbedeutende Menge Schwefel, und er fehlt selbst in keiner Pflanze ganz. Was die atmosphärische Luft betrifft, so kann dieselbe außer einer kaum nachweisbaren Spur von Schwefelwasserstoff keine Schwefelverbindung enthalten. Die Pflanze kann daher den Schwefel fast nur aus dem Boden erhalten. Er stammt wahrscheinlich aus in der Bodenfeuchtigkeit

---

1) Tabellarisch zusammengestellt in Dingler's polytechn. Journ. aus dem Compt. rend. Aug. 1846.

gelösten Sulphaten, welche von den Wurzeln zersetzt werden. Am geeignetsten hierzu erscheint das schwefelsaure Ammoniak, welches man nach Liebig betrachten kann als eine Verbindung von Wasser mit gleichen Äquivalenten von Stickstoff und Schwefel, $NH_3 + SO_3 = 3HO + S + N$, so, daß also durch bloße Wasserausscheidung Schwefel und Stickstoff in einen Bestandtheil der lebenden Pflanze übergehen können. Natürlich müssen hier noch andere Ammoniaksalze außer dem Sulphat mitwirken, da die schwefelhaltigen Bestandtheile der Pflanze gegen 25 Äquivalente Stickstoff auf 1 Äq. Schwefel enthalten. Aber auch noch andere Sulphate, wie besonders der am meisten verbreitete Gyps, scheinen — wenigstens nach der Zuträglichkeit des gegypsten Bodens für Leguminosen zu schließen — zu dieser Schwefelaufnahme beizutragen, welche sich sehr einfach durch die schon angeführte Beobachtung erklärt, daß faulende organische Stoffe den Gyps in Schwefelcalcium verwandeln. Auf ähnliche Weise scheint der Phosphor aus den mineralischen Phosphaten des Bodens zu stammen, oder aus einem Phosphorwasserstoffgehalte der Luft, welcher noch nachzuweisen wäre.

Schultz glaubt, daß die Pflanzen den Schwefel und Phosphor durch Zersetzung der aus dem Boden eingesaugten schwefel- und phosphorsauren Kalksalze mittelst der Oxalsäure erhalten, deren Hauptzweck im Haushalte des Pflanzenlebens vorzüglich diese Zersetzung zu sein scheine. Aus der freien Schwefelsäure und Phosphorsäure werde dann im Lichte Sauerstoff ausgeschieden, während Schwefel und Phosphor assimilirt würden.

A. Vogel[1]) fand in Pflanzen, welche sich aus 100 Gran theils in zuvor stark erhitztes und gut ausgewaschenes gröbliches weißes Glaspulver, theils in aus Kieselfluorsäure ausgeschiedene Kieselerde gesäeten und nur mit destillirtem Wasser begossenen Kressensamen entwickelt hatten, 2,02 Gran Schwefel, während 100 Gran derselben Samen im unentwickelten Zustande nur 0,129 Schwefel enthielten. Diese Versuche wurden in einer Luft angestellt, welche auch nicht die geringste Spur von Schwefelwasserstoff erkennen ließ, und beweisen demnach entweder, daß der Schwefel kein einfacher Körper ist, oder daß die Quelle des Schwefels troß aller Sorgfalt unentdeckt blieb.

Die Ursache der verschiedenartigen Assimilation der Grundstoffe durch die Pflanzen ist unbekannt.

Der Umstand, daß verschiedene Pflanzengattungen, welche auf einem und demselben Boden wachsen, dieselben Elemente zu so verschiedenartigen Substanzen vereinigen, liegt außer dem Bereiche unserer Erklärungen, da man sich hier nicht, wie beim Thierreiche, an die Mitwirkung eines Nervensystems halten kann. Die so weit vorgeschrittene anatomische Mikroskopie vermochte bis jetzt noch keine Nerven in den Pflanzen nachzuweisen, und die wenigen sensibilitätähnlichen Erscheinungen, wie bei Hedysarum gyrans und einigen Mimosen, so wie die Wirkung von Nervenreizmitteln auf die Pflanzen können demnach keinen Ausschlag geben.

---

1) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 25.

Was die ersteren betrifft, so lassen sich diese hoffentlich noch, wie das Ranken und die Wendungen der Pflanze nach der Lichtseite rein physikalisch erklären. Die Beobachtung aber, daß das Wachsthum der Pflanzen durch die äußerst geringe Menge Kampher, welche sich im Wasser löst, ebenso durch kleine Mengen von Terpentin-, Thymian-, Anis-, Fenchel-, Lavendel-, Pfeffermünz-, brenzlichem Thier- und Steinöl, Weingeist rc. befördert werde[1]), und halb vertrocknete Pflanzentheile durch mit Wasser verdünnte Kampherlösung wieder ins Leben gebracht werden[2]), beruht wahrscheinlich ebenso sehr auf einem rein chemischen Prozesse, als die Düngung mit Salzen und Säuren, welche gemeinhin mit dem Namen „Reizmittel" bezeichnet werden. Von der Elektricität ist es hinlänglich bekannt, daß sie zersetzend auf organische Flüssigkeiten einwirke.

Berzelius schlägt deshalb vor, die verschiedenartige Assimilation der Elemente durch die Pflanzen sich durch Annahme einer katalytischen Kraft zu erklären, vermöge welcher die festen Gewebe der Pflanzen die Verbindung der im Pflanzensafte enthaltenen Grundstoffe auf verschiedene Weise vermitteln, ohne selbst davon afficirt zu werden. (Vgl. auch S. 461.)

Daß aber das eigenthümliche Gewebe, oder vielmehr die Eigenthümlichkeit der Pflanze es ist, welche aus einen und denselben Grundstoffen verschiedene Verbindungen schafft, lag schon in der Frage, und es ist eigentlich durch die Annahme einer katalytischen Kraft, wie mit Mitscherlich's Contaktwirkung mehr der Nomenclatur, als der wirklichen Erklärung gedient. Wir wissen blos, daß die eigenthümlichen Verwandtschaftskräfte, welche die verschiedenartigen Assimilationsweisen begründen, schon im Entstehungsmomente der Pflanze angeregt worden sind, ohne uns über die Ursache dieser Eigenthümlichkeit den geringsten Aufschluß geben zu können.

Nachdem im Vorhergehenden gezeigt worden ist, woraus die Pflanzen bestehen, in der Lehre von der Zusammensetzung der Pflanzen, — wie sie ihre Bestandtheile aufnehmen, in der Lehre von der Pflanzenernährung, und woher sie dieselbe entnehmen, in der Lehre von den Quellen der Pflanzennahrung, bleiben noch drei wichtige Einflüsse auf chemische Prozesse überhaupt und sohin auch auf den vegetabilischen Lebensprozeß insbesondere kurz zu erörtern übrig, nämlich der Einfluß der Wärme, des Lichtes und der Elektricität auf das Pflanzenleben.

Einfluß der Wärme auf den Vegetationsprozeß.

Die Pflanzen gedeihen nur bei einem gewissen Grad von **Wärme**, sie ruhen daher im Winter und entwickeln sich und blühen auch meistens im Sommer. Die zur Vegetation nöthige Wärme geht von einigen Graden über 0 bis 25° C. Anhaltend höhere Grade werden selbst den Pflanzen der heißen Länder schädlich. Übrigens verlangt fast jede Pflanze ihre besondere Temperatur und gedeiht deshalb nur in einem bestimmten Klima.

1) Vgl. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. 1833. S. 268.

2) Vgl. Allgem. Zeitung der deutschen Land- u. Forstwirthe. 1845. S. 324.

Die Nadelhölzer vertragen die stärkste Kälte, nach ihnen die Laubhölzer, Gras- und Getreidearten.

Einfluß der Kälte auf die Pflanzen.

Die im Freien ausdauernden krautartigen Gewächse gefrieren, wenn sie nicht von Schnee bedeckt sind, im Winter, ohne (die empfindlicheren, wie die Getreidearten wenigstens bei langsamem Aufthauen) eine nachtheilige Wirkung davon zu zeigen; auch die Mistel soll das Gefrieren ihrer Säfte aushalten. Die meisten jedoch und namentlich die saftreichen Pflanzen, daher die Zweige leichter als das Holz, und namentlich rindenlose Pflanzen gehen dabei zu Grunde. Das beim Gefrieren sich ausdehnende Wasser zersprengt die Gefäß- und Zellenwände, die weichen Theile sind wie gekocht und vertrocknen viel schneller, als auf andere Weise (langsamer) abgestorbene Theile. Die Rinde und das Holz zerreißen oft unter Knall. Bei den Pflanzen, welche der Frost nicht zerstört, scheint die Elasticität der festen Theile das Zerreißen zu verhindern [1]). Oft gefrieren indessen Gewächse, obgleich die Lufttemperatur noch mehrere Grade (5—6° C.) über dem Gefrierpunkte steht, da sich, namentlich krautartige Pflanzen, durch die Verdunstungskälte des bei heiterem Himmel stets sich bildenden Thaues nicht selten bis 8° C. unter der Lufttemperatur abkühlen [2]).

Manche Pflanzen vertragen ebensowohl bedeutende Kälte als Wärme, wie die Flechten, Moose, Gräser, und zum Theil auch die Laubhölzer. Die Samen vertragen im trockenen Zustande die größte Kälte und eine selbst den Siedepunkt übersteigende Hitze ohne Schaden.

Die vollkommeneren Pflanzen sind an eine bestimmte Temperatur gebunden und es gedeihen weder die nördlichen in südlichen Ländern, wie unser Obst, noch die südlichen in kalten Klimaten, wie das Zuckerrohr, die Palmen, der Reis, der Maulbeerbaum ꝛc. Das Bestreben, solche Pflanzen an unser Klima gewöhnen zu wollen, ist demnach vergeblich.

Uebrigens bekommt eine etwas höhere Temperatur als die gewöhnliche den meisten Pflanzen besser, als eine außergewöhnliche Kälte. Die Verdunstung des Wassers erfolgt in der Wärme schneller und damit auch die davon abhängige Aufsaugung von Nahrungstheilen aus dem Boden.

Wärmeentwickelung beim Vegetationsprozeß.

Darin weicht also der Vegetationsprozeß von anderen chemischen und physikalischen (Verdunstungs-) Prozessen nicht ab, daß auch er durch die Wärme befördert wird. Es fragt sich nun noch, ob bei seinem Auftreten gleichfalls eine **Entwickelung von Wärme** beobachtet worden sei.

Man führte hierfür die Thatsache an, daß der Schnee um die Baumstämme früher schmelze, als anderwärts. Das Nämliche soll indessen im Umkreise von Pfählen geschehen. Beim Schmelzen des Schnees wird seiner Umgebung Wärme entzogen. Wird die Temperatur dabei endlich bis 0°

---

1) Eine andere, indessen wenig wahrscheinliche auf Analogie mit dem Thierorganismus gegründete Ansicht über die Ausdauer der Getreidearten bei Frostkälte findet sich im Pfenningmagazin Nr. 67. 1844. Quelle und Verfasser sind nicht angegeben.

2) Vgl. Forst- u. Jagdzeitung 1839. S. 486.

abgekühlt, so bedeckt sich das bereits aufgethauete Wasser selbst wieder mit einer Eisrinde wie beim Glatteis. Das Holz und noch mehr die Baumrinde sind schlechte Wärmeleiter, sie geben zwar nicht so leicht Wärme ab, aber sie entziehen auch weniger die Wärme, und haben daher bis an den Punkt, wo sie aus dem Schnee hervorragen, nahezu die Temperatur des Bodens; der mit ihnen in Berührung stehende Schnee kann demnach nicht die niedrige Temperatur haben, wie der der Luft zugekehrte. Bei seinem Aufthauen durch die Luftwärme wird aber auch das damit in Berührung stehende Holz weniger abgekühlt als die Luft, das Schmelzen des Schnees kann daher an solchen schlechten Wärmeleitern bis auf eine gewisse Tiefe ungehinderter fortschreiten, als an der der Luft zugewendeten Seite.

Übrigens hindert, auch abgesehen hiervon, die Thatsache, daß der Schnee ebensowohl um Pfähle früher schmelze, als um Bäume, nicht, von dieser Erscheinung auf Wärmeentwickelung bei der Vegetation zu schließen, da der Fäulnißprozeß im todten Holze dieselbe Wärmemenge entwickeln kann, als der Vegetationsprozeß im lebenden.

Da indessen auf den Schnee hingeworfene Strohhalme, dürres Laub, oder in einiger Entfernung darüber gehaltene Stückchen Zeug dieselbe Erscheinung bewirken, so leitete Meloni die Erscheinung davon ab, daß die Wärme, wenn sie die Körper durchdringt, dadurch Eigenschaften erlangt, welche sie vorher nicht besessen, und daß die einmal absorbirte Wärme eben dadurch auch geeignet wird, durch andere Körper nochmals absorbirt zu werden. Wenn daher z. B. von 100 Theilen Wärme, die unmittelbar von der Sonne ausstrahlten, nur 5 von dem Schnee absorbirt und die übrigen reflectirt werden, und wenn von einer anderen Seite der Baum, nachdem er von der Sonne 100 andere Theile erhalten hat, in der That nur 20 gegen den Schnee hin zurücksendet, wenn aber von diesen 20 Theilen 15 die Eigenschaft erlangt haben, absorbirt zu werden, so wird die Wirkung des Baumes die dreifache von jener der Sonne sein, wenn er wirklich dem Schnee fünfmal weniger Strahlen zusendet. Auch die Eigenschaft dunkel gefärbter Körper, — von den Sonnenstrahlen stärker erwärmt zu werden, mag das Ihrige zu dieser Erscheinung beitragen.

Man brachte Thermometer in die Bäume und fand sie wärmer als die Luft, allein nachher beobachtete man, daß die Pflanzen im Sommer etwas kälter, im Winter etwas wärmer als die Luft sind, weil das aus dem Boden aufgesaugte Wasser dessen Temperatur eine Zeit lang beibehält.

Göppert fand indessen später, daß die Wärmeentwickelung beim Lebensprozeß nicht in Abrede zu stellen sei. Kann man auch an einer einzelnen Pflanze die Temperaturerhöhung nicht wahrnehmen, so nimmt sie doch durch die Anhäufung vieler Individuen sehr merklich zu; so erhebt sie sich beim Keimen der Gerste um 6 bis 10° C. gegen die Temperatur der umgebenden Luft. Wenn die Blüten der Aronarten dicht beisammen stehen, so steigt die Temperatur um 10 Grade.

Dutrochet untersuchte die Temperatur lebender Pflanzen mittelst des äußerst empfindlichen Galvanometers von Peltier, bei welchem 19 Grade

Abweichung der Nadel einem Grade des 100theiligen Thermometers entsprechen. Den einen Pol seines thermoelektrischen Apparats brachte er mit dem Inneren eines von der Pflanze getrennten, somit der Lebenswärme beraubten Zweiges in Verbindung, den anderen mit der lebenden Pflanze und bedeckte das Ganze mit einer Glasglocke. Die Abweichung der Nadel zeigte den Unterschied in der Temperatur der todten und lebenden Pflanze deutlich. Die Temperatur der lebenden Pflanzen fand Dutrochet immer höher, als die der umgebenden Medien.

Diese Lebenswärme der Vegetabilien ist aber sehr verschieden, denn während der Stamm und die holzigen Theile, z. B. von Sambucus nigra, Rosa canina durchaus keine Wärme zeigen, ist die Wärmeentwickelung am Laub, den Sprößlingen nur im Moment der vollkommensten Entfaltung der Pflanze am ausgesprochensten. Unter allen Pflanzen bot die Euphorbia Lathyris die höchste Temperatur dar, aber sie verschwand während der Nacht auch vollkommen, so wie überhaupt ein Steigen der Temperatur bei Tag und ein Fallen bei Nacht sich allenthalben bemerklich machte. Versetzte man die Pflanzen auch in gänzliche Dunkelheit, so brachte man die Temperatur wohl ins Fallen, nichtsdestoweniger aber waltete das Gesetz der Ab- und Zunahme der Temperatur fort, welche von 10 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags am höchsten stieg.

Einfluß des Lichtes auf den Vegetationsprozeß.

Wie bei so vielen anorganisch-chemischen Prozessen, so leitet auch das Licht beim vegetabilischen Lebensprozesse Zersetzungen und Verbindungen ein. Die Desoxydation der in der Luft enthaltenen Kohlensäure und der aus dem Boden aufgenommenen kohlenstoffhaltigen Verbindungen erfolgt in den Pflanzen nur unter Einwirkung des Sonnenlichtes, nur bei Tage. Wachsen auch die Pflanzen bei Entziehung des Lichtes fort, so sieht man ihnen doch schon an der Farbe an, daß die Zusammensetzung ihrer Bestandtheile von der unter dem Lichteinfluß stehender Pflanzen abweichen muß. An dunklen Orten, wie in Kellern oder Gebüschen bleiben die Pflanzen weiß und misfarbig, und werden gleichsam wassersüchtig, im Lichte dagegen werden sie grün. Die zur Wachs- oder Chlorophyllbildung erforderliche Desoxydation findet nur an der Sonne statt; nur sehr wenige innere Theile sind grün, wie einige Samen und ihre Würzelchen.

Doch ist das Bedürfniß des Lichtes verschieden. Die Pilze gedeihen am besten im Schatten und einige davon sogar in völliger Dunkelheit. Auch Flechten und Moose lieben den Schatten, nicht aber vollkommene Finsterniß. Dem Leben der Wurzel und dem Keimungsprozesse ist das Licht schädlich. Bei letzterem wenigstens weiß man aber auch, daß er zum chemischen Prozesse des Blattes im umgekehrten Verhältnisse steht, er beruht auf Oxydation, auf Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure. Der Saft strömt dahin, wo das Licht einfällt, der Theil schwillt an und richtet sich, oder wächst dem Lichte entgegen. Darauf scheint auch das Umdrehen vom Lichte abgekehrter Pflanzen, der Pflanzen- und Blütenschlaf zu beruhen. Wie der Wurzel, so ist auch der Unterseite des Blattes die Einwirkung des Lichtes von Nachtheil. Hält man sie mit

Gewalt dem Lichte entgegen, so wird sie braun, endlich schwarz, und das Blatt stirbt ab, bisweilen sogar der ganze Zweig.

Was den Einfluß isolirter Lichtstrahlen auf die Vegetation betrifft, so ergab sich aus den Versuchen von Hunt mit jungen Pflanzen, daß diese nur unter blauen und rothen Lichtstrahlen kräftig vegetiren, unter grünen dagegen langsam welken und unter gelben in wenig Tagen sterben[1].

Lichtentwickelung beim Vegetationsprozesse.

Wie das Licht bei vielen Prozessen des Pflanzenlebens den Erreger bildet, so stimmt auch der Lebensprozeß darin wieder mit anderen chemischen Prozessen überein, daß man in manchen Fällen eine **Lichtentwickelung** ohne gleichzeitige bedeutende Temperaturerhöhung beobachten kann, so ein phosphorisches Licht an einem in Bergwerken wachsenden Pilze, Rhizomorpha subterranea, so ein blitzartiges Leuchten an der Capucinerblume, Ringelblume und anderen gelben Blüten. Das Leuchten des Milchsaftes der Euphorbia phosphorea und anderer Gewächse beim Hervortreten aus der verwundeten Pflanze scheint, wie das Leuchten des faulen Holzes, mehr einer gewöhnlichen Zersetzung, als dem Lebensprozesse selbst anzugehören.

Einfluß der Elektricität auf die Vegetation.

Einen gleich bedeutenden, wenn nicht noch größeren Einfluß als das Licht übt die **Elektricität** auf die Vegetation. Es ist längst durch Versuche nachgewiesen, daß sie das Wachsthum der Pflanzen auf eine oft überraschende Weise befördert.

Einzelne Baumzweige, auf welche man Elektricität einwirken ließ, entwickelten früher Blätter, als andere, welche nicht elektrisirt wurden.

Westrumb[2]) setzte mehrere Hyacinthen auf sogenannte Treibgläser in völlig dunklen Kasten, brachte einige davon täglich mehrmals auf ein Isolatorium und überließ sie 10—15 Minuten lang der Einwirkung des elektrischen Stromes. Sie trieben und entwickelten schnell Blüten, welche indessen weniger vollkommen waren, als die von anderen Hyacinthenpflanzen, welche man zwar auch auf Treibgläsern elektrisirte, aber gleichzeitig auch der Einwirkung des Lichtes am Fenster aussetzte. Die anderen nicht elektrisirten Hyacinthen in dunklen Kasten trieben zwar Blätter, aber ihre Farbe war gelb, sie waren welk und zeigten nicht eher Spuren von Blüten, als bis man sie ans Tageslicht brachte, oder elektrisirte. Auch die von Schneider in Berlin mit einer galvanischen Batterie an Hyacinthen angestellten Versuche hatten einen gleichen Erfolg.

Nach der Tribune von New-York[3]) zeigte Bradish in der Sitzung der Ackerbaugesellschaft mehrere Pflanzen vor, welche dem Einflusse eines galvanischen Stromes ausgesetzt gewesen waren. Es befanden sich darunter Goldäpfel von einer Höhe von 91 Centimeter (ungefähr 3 Fuß bayrisch),

1) Über die Neigung und Abwendung der Pflanzen von verschieden gefärbtem Lichte vgl. Berzelius' Jahresbericht. Jahrg. 23 (1844) S. 303 u. Jahrg. 24. S. 339.

2) Kastner's Archiv f. Naturlehre. VII. S. 351.

3) Vgl. gemeinnütziges Wochenblatt des Gewerbvereins zu Köln. 1845. S. 112.

Stengel von Tabak- und Baumwollenpflanzen von 45 C. (1½ F.), welche kräftig aussahen und in voller Blüte standen. Alle diese Pflanzen waren am 12. April gesäet worden und hatten in 21 Tagen ihre vollständige Entwickelung erreicht.

Daß die Elektricität nicht nur sehr vortheilhaft auf das Wachsthum einwirke, sondern auch zum Theil den Einfluß des Lichtes ersetzen könne, zeigt ein ähnlicher Versuch, welchen Westrumb mit Rosen anstellte, wobei die Blätter der im Dunkeln befindlichen Pflanze gelb wurden und in diesem kränklichen Zustande blieben, bis sie ein elektrischer Strom umfloß.

Ein anderer Versuch wurde mit einem Myrthenbäumchen gemacht, welches man während des ganzen Monats October täglich elektrisirte; die Blätter zeigten nicht nur ein für diese Jahreszeit ungewöhnlich lebhaftes Grün, sondern es trieb auch Blüten [1]).

Ob die Keimung durch Elektricität befördert oder verzögert werde, konnte aus den hierüber angestellten Versuchen bis jetzt noch nicht genau ermittelt werden [2]). Doch scheint eine schwache Einwirkung derselben auch hier günstig zu wirken. So keimten wenigstens Kressensamen, welche man befeuchtet zwischen Silber und Zink brachte, schneller als ohne diese metallische Berührung und Senfsamen, in Blumentöpfen 5 Stunden lang elektrisirt, gingen in 3 Tagen auf, während andere, gleichzeitig gesäet, 14 Tage brauchten. Junge Hanf- und Flachspflanzen, die man in kurzen Zwischenräumen 481 Mal elektrisirte, erreichten eine Länge von 82 Linien in derselben Zeit, wo andere nur 53 Linien lang wurden.

Einen anderen Versuch, welchen man mit der Erdelektricität in Schottland anstellte, führt die Zeitschrift „the Economist" an. Man brachte auf zwei entgegengesetzten Seiten eines Gerstenfeldes ein Zink- und ihm gegenüber ein Kohlenelement (Cookscylinder) an, welche unterirdisch mittelst eines das Feld durchschneidenden, über der Erde aber durch einen dasselbe ohne Unterbrechung umgebenden, an den vier Ecken durch eiserne Pflöcke befestigten Eisendrahtes verbunden waren, und soll so das günstige Resultat einer Ernte erhalten haben, welche sich zu der eines nicht elektrisirten Feldes verhielt, wie 37 zu 15 [3]).

Fife behauptete jedoch, bei mehrfacher Wiederholung dieses von Foster angegebenen Verfahrens nicht blos keinen Einfluß auf die Vegetation wahrgenommen zu haben, sondern auch, daß auf diese Weise den Pflanzen oder dem Boden überhaupt gar keine Elektricität zugeleitet werde [4]).

Die Elektricität des Bodens entwickelt sich indeß wirklich in so bedeutender Menge, daß ihre Anwendung bereits zu technischen Zwecken, wie

1) Krutzsch, gemeinfaßl. Abriß der wissenschaftl. Bodenkunde. 2. Aufl. 1847.

2) Vgl. Froriep's neue Notizen. 25. Bd. 1845. S. 218.

3) Das Nähere über das Verfahren und über die Resultate vgl. Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen von Hlubek 1846 S. 464 aus dem New York Farmer and Mechanic.

4) Edinb. new philosoph. Journ. 1846. S. 143; Dingler's polytechn. Journ. 99. 1846. S. 378.

zur Bewegung von Uhrwerken, mit gutem Erfolg versucht worden ist, indem man dadurch die positive Elektricität eines Zinkelements und die negative eines Kohlenelements durch die entgegengesetzten Elektricitäten des Bodens in dem Maße zu verstärken vermochte, wie dies sonst nur bei bedeutender Consumtion des positiven Elements durch Säure gelingt. Die Pflanzen bilden vermöge ihrer Säftemasse gute Leiter für die Elektricität des Bodens und der Luft (vgl. S. 494), und es gleichen sich beide Elektricitäten in ihnen aus, indem sie zur Beschleunigung des im Pflanzenorganismus erfolgenden chemischen Prozesses (Vegetationsprozeß) verwendet werden.

Hlubek's Versuche über den Einfluß der Elektricität auf die Vegetation mit Buchweizen, Gerste, Hirse, Bohnen, Mais und Kartoffeln durch eingegrabene Zink- und Kupferplatten und unter- und oberirdische Verbindungsdrähte ergaben gleichfalls die günstigsten Resultate [1]).

Da die stete elektrische Strömung von Osten nach Westen stattfindet, wahrscheinlich in Folge der schrittweisen Erleuchtung und Erwärmung der Erde, stellte ein schottischer Landwirth derselben einen starken Eisendraht als Leiter entgegen, den er genau in der Richtung von Norden nach Süden zwischen zwei hohen Stangen ausspannte. Beide an den Stangen heruntergeführte Enden des Drahtes wurden mit einem anderen in Verbindung gesetzt, der 2—3 Zoll tief in den Boden versenkt und auf eingeschlagenen Pflöcken festgehalten wurde. Ein einen englischen Acker umfassendes Gerstenfeld, welches von diesem Draht umzogen war, soll 13½ Quarter schwerer Gerste, die übrige Fläche von gleicher Beschaffenheit nur den gewöhnlichen Ertrag von 5—6 Quartern vom Acker und zwar 14 Tage später, geliefert haben [2]).

Obgleich sich aus dem Angeführten die günstige Wirkung der Elektricität auf den Vegetationsprozeß hinreichend ergibt, so zeigt sie sich doch nur bis zu einem gewissen Grade ihrer Stärke wohlthätig. So geht nach Broussonet die Bewegungsfähigkeit von Hedysarum gyrans und gewisser Mimosen durch starkes Elektrisiren auf einige Tage oder für immer verloren, so wird nach van Marum der Saftausfluß bei Ficus- und Euphorbienarten dadurch plötzlich gehemmt und bei noch stärkerer Anwendung das Leben der Pflanzen völlig vernichtet und die Fäulniß der organischen Körper durch Elektricität beschleunigt. Humboldt, welcher wiederholt schwache Schläge der Kleist'schen Flasche durch frische Blütenstengel leitete, sah gleichfalls, daß dieselben alle Straffheit verloren, welk herabhingen und in Folge der übermäßigen Elektricität dieselbe Erscheinung schnell darbieten, welche die Entziehung von Feuchtigkeit und Wärme nur langsam hervorbringt.

Doch scheint mit dieser Einwirkung keine völlige Vernichtung der Lebenskraft verbunden zu sein, da die bewirkte Lähmung durch Eintauchen der Pflanzen in Salzsäure wieder gehoben werden soll.

---

1) Vgl. Ökonom. Neuigkeiten u. Verhandlungen. 1847. S. 222—224.
2) Krutzsch, gemeinfaßl. Abriß der wissenschaftl. Bodenkunde. 2. Aufl. 1847.

Ungeachtet der Schädlichkeit eines Übermaßes von elektrischer Einwirkung auf das Pflanzenleben hat man doch beobachtet, daß selbst eine intensive Elektricität das Wachsthum befördert, wenn ihre Einwirkung vorübergehend ist. Es wuchsen nämlich theilweise vom Blitze getroffene Pflanzen weit üppiger, als zuvor.

Es ist bekannt, daß gewitterreiche Sommer sich durch Fruchtbarkeit auszeichnen, und auf Borneo und Sumatra, wo es im Sommer fast täglich und oft des Tags zweimal wittert, soll zu dieser Zeit das Wachsthum der Pflanzen so außerordentlich sein, daß es alle Vorstellung eines Europäers übersteige. Auch bei uns erfolgt nach starken von Regen begleiteten Gewittern die Entwickelung der Knospen und Blätter so auffallend schneller, daß dies selbst der gemeinen Beobachtung nicht entgeht.

Diese Beförderung der Vegetation durch die negative Elektricität der feuchten Gewitterluft möchte vielleicht daraus zu erklären sein, daß die Pflanzen in einer Desoxydation, in einer Abstoßung des elektronegativen Sauerstoffs und Anziehung des positiven Kohlenstoffs und Wasserstoffs begriffen sind, welche durch negative Elektricität befördert werden, während der Lebensprozeß der Thiere, als in einer Oxydation bestehend, von der negativen Elektricität beeinträchtigt werden muß, daher die erschlaffende Wirkung der Gewitterluft auf das Thierleben, und die belebende auf die Vegetation.

Krankheiten der Forstgewächse.

Ebensowohl als der Lebensprozeß der Pflanzen im gesunden Zustande, verdienen auch die Krankheiten derselben, und hier vorzugsweise die der Holzgewächse eine chemische Würdigung. Da wir aber in dieser Beziehung noch fast so viel als kein Material besitzen, so muß dieser Gegenstand noch der Zukunft überwiesen bleiben. Über die seitherigen Leistungen in diesem Gebiete in physiologischer Beziehung vergleiche man den umfassenden Aufsatz von Pfeil: „Einiges über die Krankheiten und Fehler der Waldbäume" in dessen kritischen Blättern Bd. 17. Heft 1. 1842. S. 65—124.

Nun erst, nachdem dasjenige aus der Chemie angeführt worden ist, was man über die Bestandtheile der Pflanzen und die Assimilation derselben weiß oder vermuthen darf, erst jetzt läßt sich das Studium des chemisch-physikalischen Verhaltens jener Medien begründen, welche den Pflanzen die zum Leben nöthigen Stoffe liefern, wenn davon auf die Cultur der Pflanzen und hier insbesondere der Forstgewächse eine erfolgreiche Anwendung gemacht werden soll.

Diese Medien, aus denen die Pflanzen ihre Nahrung schöpfen, sind die Luft und der Boden. Die Lehre von den chemisch-physikalischen Verhältnissen der Luft zu den Forstgewächsen hat man forstliche Atmosphärologie und die von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Bodens in Beziehung zum Waldbau die forstliche Bodenkunde genannt.

Atmosphärologie.

Die Beziehungen der Luft zur Pflanze im Allgemeinen und auf die Forstgewächse insbesondere beruhen auf ihrem Gehalt an verschiedenen Gas-

arten und auf den verschiedenen Zuständen, welche theils von diesem Gehalte, theils von äußeren Einflüssen abhängig sind.

Der Erdkörper wird von einer 9⅖ geographische Meilen hohen Schichte Luft umgeben, welche vermöge ihres eigenen Druckes der Erde zunächst am dichtesten, nach oben aber immer dünner wird.

Atmosphärische Luft.

Diese Lufthülle der Erde heißt ihre Atmosphäre. Das eigenthümliche Gasgemenge, welches diese Lufthülle bildet, heißt atmosphärische Luft. Sie besteht, wie schon in der allgemeinen Chemie angegeben wurde, aus einem Gemenge von 79 Volumtheilen Stickstoff und 21 Sauerstoff mit $^3/_{10,000}$ bis $^6/_{10,000}$ Kohlensäure und Wassergas in einem nach der Temperatur und anderen Umständen wechselnden Verhältnisse.

Der Gehalt der atmosphärischen Luft an Sauerstoff und Stickstoff, über deren Abstammung man ebensowenig etwas weiß, als über den Ursprung der übrigen auf unserem Weltkörper vorkommenden Elemente, ist nach den an den verschiedensten Orten angestellten Untersuchungen in allen Gegenden, in der Höhe und Tiefe und zu allen Tages- und Jahreszeiten gleich, und der Gehalt an Kohlensäure differirt wenigstens nur unbedeutend. Anders verhält es sich mit dem Gehalte an Wassergas, welches von einer großen Menge von Einflüssen abhängig ist.

Feuchtigkeit der Luft.

Der Wassergehalt der atmosphärischen Luft nimmt mit der auf der Erdoberfläche stattfindenden Verdunstung zu und ab. Die Verdunstung erfolgt um so rascher, je größer die Oberfläche des verdunstenden Körpers, je höher die Temperatur, je geringer der Luftdruck und je rascher die Luft über dem verdunstenden Körper wechselt. Sie ist daher am stärksten auf Flüssen, Seen und Meeren, stärker auf einem unebenen, als auf einem glatten, also auch stärker auf einem porösen, als auf einem dichten Boden, stärker auf mit Pflanzen bewachsenem, als auf kahlem Boden; in warmen Gegenden und Jahreszeiten stärker als in kalten, stärker bei windigem Wetter, als bei Windstille.

Wolken.

Das Wasser behält die Gasform nur bei höherer Temperatur. Steigt es vermöge seines geringeren specifischen Gewichtes in die Höhe, so verdichtet es sich dort, weil die Wärme in den höheren Luftschichten geringer wird, zu fein zertheiltem flüssigen Wasser, welches die **Wolken** bildet. Um sich das Schweben oder Schwimmen dieser Wassertheile in der Luft zu erklären, nehmen diejenigen, welche diese Wassertheilchen für solide Tropfen halten, an, daß sich dieselben durch den Widerstand, welchen sie beim Fallen erfahren, etwa wie der Staub, oder durch eine höhere Temperatur der Wolke schwebend erhalten. Nach einer anderen Ansicht schweben die Wassertheile deswegen, weil sie keine soliden Tropfen, sondern hohle Bläschen sind.

Konwalinka stellt nachstehende Erklärung auf: die tropfbar gewordenen Wassertheilchen bilden sich durch ihre Molecularanziehung nicht allein zu kleinen Kügelchen, sondern sie äußern auch eine Anziehungskraft gegen den noch expansiblen in der Luft enthaltenen Wasserdunst. Dadurch häuft sich dieser Wasserdunst um das Kügelchen herum

stärker an, als in dem übrigen Theile der abgekühlten Luft, verdrängt einen Theil der Luft aus der nächsten Umgebung des Kügelchens, so daß hier die Feuchtigkeit ihr Maximum erreicht, während der übrige Theil der Luft in einiger Entfernung vom Kügelchen eine geringere Feuchtigkeit besitzt. Vermöge des geringeren specifischen Gewichts des Wasserdunstes gegen das der atmosphärischen Luft (bei gleichem Druck und gleicher Temperatur) läßt sich nun erklären, daß das Wasserkügelchen mit seiner Hülle von feuchter Luft nicht schwerer ist, als ein gleiches Volum mehr trockener Luft und daher in letzterer nach statischen Gesetzen schwimmen kann. Sind die Wassertheilchen gefroren, so erhalten sie durch die Krystallisation nur noch größere Oberfläche und können dann um so leichter schwimmen.

Die Entfernung von der Erde, wo die Wolken sich bilden, heißt die **Wolkenregion.** Sie ist um so höher, je wärmer und trockener die Luft ist. Bei sehr feuchter Luft und plötzlicher Abkühlung können sich die Wolken dicht über der Erdoberfläche bilden und heißen dann **Nebel.**

Nebel.

Thau, Duft, Reif, Regen, Schnee 2c.

Auf Pflanzen niedergeschlagene Wasserdünste heißen **Thau**, gefrorner Bläschendunst heißt **Duft**, gefrorner Thau heißt **Reif.** Die in der Luft schwebenden Wasserbläschen können sich zu Regentropfen, Schnee, oder Hagelkörnern sammeln, wodurch sie so schwer werden, daß sie sich nicht mehr in der Luft halten können, sondern zu Boden fallen.

Die Wolken verdichten sich indessen nicht immer am Orte ihrer Entstehung zu Regen, da sie häufig von den Winden in entfernte Gegenden geführt werden. Die Winde führen daher Feuchtigkeit zu, wenn sie aus Gegenden kommen, wo sich die Luft mit Feuchtigkeit sättigen konnte, und haben sie die Feuchtigkeit während ihres Laufes noch nicht abgesetzt, so sind sie feucht. Daher führen die Winde, welche vom Meere kommen, am meisten Feuchtigkeit, und zwar um so mehr, je mehr sie vom Äquator kommen, weil dort die Verdunstung am größten ist. Auf ihrem Wege geben sie einen größeren oder geringeren Theil als Regen ab. Je mehr sie sich daher an Gebirgen und durch andere Umstände entladen haben, um so trockener sind sie. Daher die vom Festlande wehenden Winde im Allgemeinen wenig Regen bringen. Der Ostwind, welcher für Südamerika kühl und feucht ist und Regen bringt, ist für Senegambien trocken und brennend. Im ersten Falle kommt er aus dem atlantischen Meere, im zweiten aus trockenen Sandwüsten. Für Bayern sind die Westwinde feucht, die Ostwinde aber trocken, weil die Meere nach Westen weit näher liegen, als nach Osten. Die Südwinde bringen demselben weniger Regen, als sie nach der Nähe des mittelländischen Meeres bringen sollten, weil sie den größten Theil ihrer Feuchtigkeit schon am südlichen Abhange der Alpen abgeben, woraus die Überschwemmungen der Etsch und anderer Flüsse in Italien entstehen.

Küstenländer und Inseln zeichnen sich durch ihre anhaltende und gleichmäßige Luftfeuchtigkeit aus. Die feuchteste Luft haben Orte, welche zwischen großen Wasserflächen und hohen Bergen liegen, durch welche die aus dem Wasser mit Feuchtigkeit gesättigte Luft auf ihrem landeinwärts ziehenden

Laufe zurückgehalten wird, bis sie sich in höhere Luftschichten erhoben hat, wo sie sich dann gewöhnlich gleich am Orte selbst als Regen niederschlägt. Überhaupt zieht jede Bergkette den Regen dadurch an, daß die Feuchtigkeit, sobald sie sich zur Höhe des Berges erhoben, durch die niedrige Temperatur zu Regen verdichtet wird[1]). Dagegen haben Länder auf der einer mächtigen Feuchtigkeitsquelle abgewendeten Seite eines Gebirgskammes eine trockene Luft, da sie die mit Feuchtigkeit beladenen Luftströme erst treffen, wenn sie den Gebirgskamm überstiegen und zuvor einen großen Theil ihrer Feuchtigkeit verloren haben. Die Feuchtigkeit solcher Gegenden hängt daher vorzugsweise von inneren Wärmequellen ab.

Gebirgsländer haben demnach eine feuchtere Luft, als flache Gegenden. Im Gebirgslande selbst aber kommt wieder die größere Feuchtigkeit auf die der äußeren Feuchtigkeitsquelle zugewendete Seite. In Gebirgen mit tiefen Thaleinschnitten ist ferner wieder die Feuchtigkeit bedeutender, als auf Hochebenen und Gebirgen mit flachen Thälern, da die aus den eigenen Feuchtigkeitsquellen gelieferte Feuchtigkeit bei ersteren weniger leicht weggeführt wird.

Auch auf die inneren Feuchtigkeitsquellen haben die Gebirge einen wesentlichen Einfluß. Sie führen den Thälern die aufgefangene Feuchtigkeit in Quellen, Bächen und Flüssen zu.

Zu den inneren Feuchtigkeitsquellen gehört, außer den Bächen, Flüssen, Seen, Sümpfen 2c., auch der Pflanzenwuchs und namentlich die Bewaldung. Die Verdunstungsmenge eines Waldes steht der einer gleich großen Wasserfläche kaum nach. Da aber auch die Bewaldung die Bodenfeuchtigkeit zurückhält, so kann auch diese zur Quellenbildung veranlassen. Die Wurzeln der Holzpflanzen reichen in eine Bodentiefe, in welcher es nie an Feuchtigkeit mangelt, der Wald bildet daher eine gleichmäßige, auch bei anhaltender Trockne nicht versiegende Feuchtigkeitsquelle für seine und die benachbarten Luftschichten.

Wärme der Luft.

Außer der Feuchtigkeit hat auch, wie bereits oben gezeigt wurde, die **Wärme** der Luft einen hohen Einfluß auf die Vegetation. Die Temperatur der Luft ist im Allgemeinen abhängig 1) von der geographischen Lage, 2) von der Erhebung und örtlichen Lage, 3) von der Ausdehnung der Wasserflächen, 4) von der Beschaffenheit der Erdoberfläche, 5) von der Richtung der Winde und 6) von örtlichen Verhältnissen.

Abnahme der Wärme mit der Entfernung vom Äquator.

Unter dem Äquator, wo das Sonnenlicht die Erde senkrecht erreicht, treffen die meisten Strahlen auf eine gewisse Fläche. Mit der Entfernung vom Äquator nach den Polen nimmt die Wärme ab; man unterscheidet in dieser Beziehung eine heiße, zwei gemäßigte und kalte Zonen, doch steht diese Wärmeabnahme nicht überall mit der Entfernung in gleichem Ver-

1) Einen nicht unbeträchtlichen Antheil an der Anziehung des Regens scheint aber auch die Bewaldung der Berge zu haben, da die Anziehung der negativen Elektricität zur positiven der Vegetation noch durch die spitzigen Hervorragungen des Waldes begünstigt wird.

hältnisse. Es haben unter sonst gleichen Verhältnissen die Westländer der Continente eine höhere Temperatur, als die Ostländer. Nach großen Durchschnitten ist die Mitteltemperatur nach Celsus:

unter dem Breitengrade	des Westens der alten Welt	des Ostens der neuen Welt
30	21,4	19,4
40	17,3	12,5
50	10,3	3,3
60	4,8	4,6

Abnahme der Wärme mit der Erhebung

Was die Abnahme der Wärme mit der Erhebung betrifft, so ist dieselbe verschieden, je nachdem letztere in der Luft oder mit dem Boden, d. h. auf Bergen, stattfindet, sie ist verschieden nach Tages- und Jahreszeiten, nach der geographischen Breite, auf dem Festlande verschieden von der auf dem Meere. Man nimmt im Allgemeinen für jede Erhöhung von 600 Fuß in den hohen Lagen um 1° C. ab, in den niedrigen Lagen ergibt sich eine viel schnellere Abnahme, indem sie in ersteren erst auf 640' 1° C., in letzteren für 397' 1° C. beträgt. Mit der Höhe der Berge nimmt die Vegetation ab und verschwindet endlich ganz, wo der ewige Schnee eintritt.

Temperaturverschiedenheit nach der Richtung der Abhänge.

Außer der Erhebung ist aber die Temperatur abhängig von der Richtung der geneigten Flächen. Die südlichen Abhänge sind nicht blos wärmer, weil sie den wärmeren Winden ausgesetzt und vor den kalten Nordwinden geschützt sind, sondern die Wärmeentwickelung wird auch durch die Richtung, in welcher die Sonnenstrahlen auffallen, vermehrt.

Einfluß großer Wasserflächen auf die Temperatur.

Einen bedeutenden Einfluß üben ausgedehnte Wasserflächen, z. B. Meere, auf die Temperatur der Küstenländer. Im Sommer ist ihre Verdunstung beträchtlicher, als im Winter, sie mildern daher die Hitze des Sommers, im Winter wird das (mehr durch die Wärme des Bodens) verdunstende Wasser in geringer Höhe über seiner Oberfläche wieder tropfbar flüssig niedergeschlagen, es wird dabei Wärme frei, sie mäßigen demnach die Kälte des Winters. England, Holland, Norwegen rc. haben einen milderen Winter und kälteren Sommer, als die unter gleichem Breitegrade liegenden Continentalländer von Europa. Moore und Sümpfe kühlen zwar im Sommer die Hitze, vermindern aber nicht die Kälte des Winters. Die seichte Flüssigkeitsschicht derselben ist durch einen schlechten Wärmeleiter (durch die Erde) so weit vom warmen Mittelpunkte der Erde getrennt, daß die durch die Verdunstung entstehende Abkühlung die Oberhand erhält.

Einfluß der Vegetation auf die Temperatur.

Aus dem zuletzt angeführten Grunde entwickelt auch eine aller Vegetation beraubte Oberfläche eine höhere Temperatur, als eine mit Vegetabilien bedeckte, daher waldige Gegenden im Allgemeinen kühl sind. Doch können Waldungen indirect auch zur Erhöhung der Temperatur beitragen, wenn sie die in einer Gegend herrschenden kalten Winde abhalten.

Einfluß der Winde auf die Temperatur.

Die Winde erhöhen die Temperatur um so mehr, je mehr sie vom Süden kommen, wenn sie nicht durch hohe Gebirge oder ausgebreitete

Waldungen erkältet werden. Bayern, namentlich der südliche Theil desselben, erhält daher vom Süden selten warme Winde, weil sie durch den Schnee der Alpen abgekühlt werden. Winde, welche vom Meere kommen, sind im Sommer kühler und im Winter wärmer, als die von großen Landflächen wehenden; so sind die Westwinde im Winter wärmer, im Sommer kühler als die Ostwinde.

Örtliche Einflüsse auf die Temperatur.

Zu den örtlichen auf die Temperatur influirenden Verhältnissen gehören Vulkane, künstliche Wärmeentwickelung, warme Meeresströmungen und die Feuchtigkeit der Atmosphäre. Die Temperatur in den Städten ist höher, als in der offen liegenden Umgegend. An der Seeküste erhöhen vom Aequator kommende Strömungen die Temperatur, während sie entgegengesetzte erniedrigen. Regen und bedeckter Himmel mindern die Wärme des Sommers, aber auch die Kälte des Winters.

Elektricität der Luft.

Nächst der Feuchtigkeit und Wärme der Luft übt auch die **Elektricität** einen merklichen Einfluß auf die Vegetation.

Die Quelle der Luftelektricität mag manchfaltig sein, vorzugsweise aber scheint sie in der Verdunstung des Wassers und beim Vegetationsprozesse ihre Entstehung zu finden. Armstrong beobachtete im Jahre 1840, daß ein Dampfkessel beim Ausströmen des Dampfes negativ elektrisch werde, worauf man nachher die Construction von außerordentlich kräftigen (hydroelektrischen) Maschinen gründete, gegen welche die stärksten Reibmaschinen als kraftlos erscheinen. Pouillet hatte indessen schon früher gezeigt, daß beim Ausscheiden in Wasser gelöster Salze durch Verdampfen Elektricität frei werde. Nach Pouillet liefert eine Flur von 25 Quadratklafter in einem Tage mehr positive Elektricität, als man zum Laden der stärksten Batterie braucht. Die Luft ist bei bedecktem Himmel, wo also die Verdunstung des Wassers ihr Maximum erreicht hat, negativ elektrisch; positiv elektrisch dagegen bei heiterem Himmel und zwar stärker im Winter, als im Sommer, bei ruhigem Wetter stärker, als während eines Windes. Ihre Intensität wächst von unten nach oben und ändert sich mit der Jahres- und Tageszeit. Sie nimmt nach Schübler mit Sonnenaufgang zu und erreicht nach einigen Stunden ihr erstes Maximum, nimmt von da wieder ab und erlangt 1—2 Stunden vor Sonnenuntergang ein Minimum; steigt dann aber wieder schnell und erreicht einige Stunden nach Sonnenuntergang ihr zweites Maximum. Von da fällt sie die ganze Nacht, bis sie mit aufgehender Sonne abermals zu steigen beginnt. Im Sommer tritt das erste Maximum am frühesten, im Winter am spätesten ein, während das zweite Maximum im Sommer am spätesten, im Winter am frühesten stattfindet. Bei ruhiger, heitrer Luft sind diese Abwechselungen stärker, als bei trüber, und im Sommer fast doppelt so groß, als im Winter. Luftfeuchtigkeit, Nebel und Wolken stören diesen regelmäßigen Gang ganz. Das aus der Luft fallende Wasser ist fast immer, namentlich im Sommer, elektrisch und zwar positiv. Bei Nordwinden ist die Luftelektricität gewöhnlich positiv, bei Südwinden negativ, die Ostwinde

nähern sich den nördlichen, die Westwinde den südlichen. Die Wolken sind fast immer negativ elektrisch.

Erforschung der Luftelektricität.

Zur Erforschung der Luftelektricität richtet man hohe, oben mit einem Metallstifte versehene Stangen im Freien oder auf dem Giebel eines Hauses auf und setzt sie durch Drähte mit einem Elektrometer in Verbindung, oder man bedient sich hierzu des elektrischen Drachen: ein gewöhnlicher, vor Regen durch Öltränken geschützter Papierdrache, in dessen Schnur ein Metalldraht eingeflochten ist und die Stangen des Gerippes mit Metallspitzen versehen sind, durch eine seidene Schnur oder Glasröhren isolirt und befestigt. Es sollen sich aus der Schnur zu jeder Tageszeit Funken ziehen und Flaschen laden lassen.

Gewitter.

Durch die elektrische Vertheilung zwischen einer Wolke und der Erde, oder die zwischen zwei Wolken unter sich entstehende Spannung der entgegengesetzten Elektricitäten entsteht das **Gewitter.** Die zwischen der Wolke und der Erde stagnirende Luftschicht wird ebenso geladen, wie das Glas an einer Kleist'schen Flasche. Die Entladung erfolgt, wenn die Spannung ihren höchsten Grad erreicht hat. Die beiden Elektricitäten durchbrechen dann die schlechtleitende Luft, um sich gegenseitig auszugleichen, wie das bisweilen bei einer überladenen oder zu dünnen Kleist'schen Flasche geschieht, mit großer Gewalt und einem starken Funken (Blitz oder Wetterstrahl), der wegen der großen Entfernung der beiden Belege (Wolke und Erde) meist zackenförmig erscheint und wie der Funke einer entladenen Flasche mit einem — nur heftigeren — Geräusche, dem Donnerschlage verbunden ist. Das anhaltende Rollen rührt von dem weiten Wege des Blitzes, der jener des Lichts weit nachstehenden Schnelligkeit des Schalls, der zugleich mit erfolgenden Entladungen anderer vom Blitze berührter Wolken und dem Wiederhalle des Donners her.

Nach Rowell enthalten die Wassertheilchen durch Vergrößerung ihrer Oberfläche durch Verdampfung größere Capacität für Elektricität und werden durch ihre elektrische Belegung schwebend erhalten. Der in der Luft schwebende Dunst wird bei der Condensation mit Elektricität überladen und so schwebend erhalten, bis die Überlast entweder als Blitz, oder auch unsichtbar zur Erde entweicht, wo dann die zurückbleibende elektrische Belegung nicht mehr hinreicht, die Dunsttheilchen schwebend zu erhalten, sie fallen daher als Regen nieder und es wäre darnach möglich, Regen hervorzubringen durch Emporbringen elektrischer Leiter an die Wolken mittelst Luftballone, wodurch der Elektricitätüberschuß der Wolken zur Erde entweichen kann. Die Entdeckung der Dampfelektricität betrachtet er für eine starke Stütze seiner Theorie, da dieselbe erst in größerer Entfernung von der Ausmündungsröhre des Dampfes entstehe, nicht aber an der Mündung selbst, wo sie doch — wenn die Elektricität, wie Faraday meint, durch Reibung entstünde — am stärksten sein müßte [1]).

1) Edinb. new philos. Journ. Juli 1844. S. 317; Dingler's polytechn. Journ. 94. S. 366.

Die Entladung einer Gewitterwolke auf einen auf der Erde befindlichen Gegenstand erfolgt um so leichter, je mehr er durch Leitungsfähigkeit seiner Substanz, seine Verbindung mit dem Erdboden und durch seine Gestalt (Hervorragungen und Spitzen) die vertheilende Wirkung der Wolke begünstigt. Daher das häufige Einschlagen auf die Ecken und Giebelspitzen der Häuser. Der Blitz nimmt auf seinem Wege nicht die kürzeste, sondern die am besten leitende Richtung. Sobald vollkommene elektrische Ausgleichung des Blitzes erreicht ist, hören alle seine Wirkungen auf. Diese äußern sich überhaupt nur, wo er schlechte Leiter von zu geringer Capacität für sich antrifft, oder solche, die schlecht untereinander zusammenhängen und die er deshalb überspringen und durchbrechen muß. Er tödtet in diesem Falle Menschen und Thiere, schmelzt und oxydirt Metalle, zertrümmert Gebäude und andere feste nicht leitende Körper und entzündet Feuer fangende Stoffe. Das letzte Ziel des Blitzes ist gewöhnlich die feuchte Erde oder das Wasser, zuweilen aber gleichen sich auch beide Elektricitäten schon in der Luft aus.

Als gute Leiter sind dem Einschlagen besonders ausgesetzt metallene, namentlich spitzige Gegenstände, wie die Kreuze auf Thürmen, Klingelzüge. Bei Bäumen fährt er gewöhnlich in dem saftreichen Zwischenraume zwischen Rinde und Splint, an nassen Häusern an der nassen Oberfläche herab, ohne ins Innere einzudringen. Vor Allem wählt er den saft- und nervenreichen Thierorganismus, wenn ein solcher in der Nähe ist. Er fährt im Zickzack an dessen Oberfläche herab, verbrennt Haare und Oberhaut und bewirkt den Tod durch die gewaltsame Nervenerschütterung, ohne sonst die Organisation der inneren Theile des Körpers zu verletzen. Diese Wirkung auf das thierische Leben erfolgt hauptsächlich dann, wenn der Blitz von anderen Körpern auf das Thier, oder von letzterem auf andere Körper abspringt. Doch durchbricht er dabei nicht leicht eine 3 bis 6 Fuß dicke trockene Luftschicht, oder wenn fest anliegende Kleider seine freie Ausbreitung an der Körperoberfläche hindern. Der Blitz wählt auf seinem Wege eher schwächere Leiter, die ihn weit, als gute, die ihn nur kurze Strecken leiten, verschont daher häufig Glocken, fährt aber gerne in mit Rauch (der durch seinen Kohlenstoff leitend ist) erfüllte Kamine herab.

Nach den Beobachtungen von Heinrich Herzog von Würtemberg werden von den Holzgewächsen vorzugsweise die Eichen, Linden, Pappeln, Weiden, Tannen, Fichten, Lerchen, Birnen- und Apfelbäume vom Blitze getroffen, seltner dagegen der Kirschbaum und sehr selten die Birke, und Hugh Maxwell schrieb 1787 an die amerikanische Akademie, nach seiner eigenen Erfahrung und nach vielseitig eingezogenen Erkundigungen glaube er behaupten zu dürfen, daß der Blitz oft in die Ulme, Kastanie, Eiche und Tanne, zuweilen in die Esche, nie aber in die Buche, in den Ahorn und die Birke einschlage[1]). In den ökonomischen Neuigkeiten und Ver-

1) Die Birke, sagt ein amerikanisches Blatt, soll ein Richtleiter des Blitzes sein. Die Thatsache ist so allgemein bekannt, daß die Indianer bei herannahenden

handlungen 1846. S. 592 wird jedoch ein Fall angeführt, wo eine Birke völlig vom Blitz zertrümmert wurde. Von der Weiß- und Rothbuche wird es von den meisten Forstleuten für eine ausgemachte Sache gehalten, daß sie dem Blitze nie zur Entladung dienen.

Herzog Heinrich fand, daß Weißbuchenholz, im Backofen ausgetrocknet, unter allen Holzarten, selbst die Nadelhölzer nicht ausgenommen, das Glas als Isolator am besten und zwar völlig ersetze. Daß man aber diese isolirende Wirkung nicht von dem grünen Holze erwarten dürfe, versteht sich von selbst. So wurde erst im Jahre 1835 eine alte Buche im Forste von Villers-Cotterets fast ganz vom Blitze zerstört und das seltene Einschlagen des Blitzes in Buchen mag allerdings dem Umstande mit beizumessen sein, daß die Weißbuche selten in reinem Bestande vorkommend, meist von anderen Bäumen überragt wird. Herzog Heinrich hält deswegen dafür, daß es die Ausdünstung der Bäume vorzugsweise sein müsse, welche den elektrischen Strom anzieht, da die Nadelhölzer, welche wegen ihres bedeutenden Harzgehaltes als schlechte Leiter verschont bleiben sollten, gerade sehr häufig davon getroffen werden, so, daß also hier der Harzgehalt des Holzes der Leitungskraft von dessen Ausdünstung das Gegengewicht nicht zu halten vermag.

Bei der Acacie (Robinia pseudoacacia) findet man nicht selten nach schweren Gewittern einzelne Äste abgestorben, vielleicht in Folge ihrer zahllosen Dornspitzen.

Die starke Hitze und zündende Kraft des Blitzes rührt von der starken Zusammenpressung durch die schlecht leitende, nicht schnell genug vor ihm ausweichende Luft, oder durch Leiter von geringerem Umfange her, durch welche er sich daher mit Gewalt den Durchgang verschaffen muß. Daher werden ½ Zoll dicke Metalldrähte davon kaum erwärmt, während dünnere Drähte sich so stark erhitzen, daß sie schmelzen. Deshalb werden Gebäude vor dem Einschlagen durch den (1753 von Franklin erfundenen) Blitzableiter geschützt, wobei der Blitzstrahl durch eine gut verbundene metallische Leitung von hinreichender Capacität, ohne Schaden zur Erde geleitet wird.

Gewitter erfolgen in der Regel nur bei Windstille und warmer Jahreszeit, denn 1) ist im Sommer die Verdunstung (— E.) am stärksten und der Vegetationsprozeß (+ E.) am lebhaftesten, 2) schweben die Wolken im Sommer höher und theilen deshalb der Erde ihre Elektricität nicht so leicht mit, 3) sind die Nächte, wo die Luft feucht ist und der Erde Luftelektricität zuleitet, im Sommer am kürzesten und 4) bewirken die

---

Gewittern ihre Arbeiten aufgeben und ihre Zuflucht unter dem ersten besten Birkenstamme suchen. In Tennessee sehen die Leute in der Birke einen vollkommenen Schutz. Dr. Becton in einem Schreiben an Dr. Mitchell versichert, daß man keinen Fall kenne, wo die Birke durch die atmosphärische Elektricität getroffen worden wäre, während andere Bäume oft in Splitter geschlagen werden. (Froriep's neue Notizen. 25. Bd. 1845. S. 314).

Sonnenstrahlen in den Wolken leichter eine Verdunstung und daher eine neue Anhäufung der Elektricität. Die meisten Gewitter kommen im Juli vor, die wenigsten im Winter. Sie treffen in der Regel einen Ort um so häufiger, je höher seine mittlere Temperatur ist. Einige Gegenden der heißen Zone haben regelmäßig alle Tage ein Gewitter.

Die Gewitter sind auch häufig von Hagel begleitet, über dessen Entstehung bis jetzt noch eine befriedigende Theorie fehlt.

Winde.

Das Gleichgewicht der atmosphärischen Luft kann durch verschiedene Veranlassungen gestört werden. Die dadurch hervorgebrachte Bewegung der Luft heißt **Wind**. Ein schwacher Wind heißt **Lüftchen**, ein heftiger **Sturm, Orkan**. Im gewöhnlichen Leben bezeichnet man nur eine fühlbare Bewegung der Luft mit Wind. Der Jäger hingegen bezeichnet damit jeden noch so schwachen Luftzug, der nur den Hauch des Mundes oder den Rauch der Pfeife nach einer bestimmten Richtung bewegt.

Einfluß der Winde auf die Waldvegetation.

Die Winde üben einen bedeutenden Einfluß auf die Vegetation der Holzgewächse, sie befördern die Verdunstung der Feuchtigkeit, führen, je nach ihrer Richtung, Regenwolken zu und ab, erhöhen und erniedrigen die Temperatur, befördern den Samenabflug, richten aber auch durch Windsturz oft fürchterliche Verheerungen unter den Waldbäumen an. Der Druck des Windes auf ihre Kronen wirkt durch die Länge des Schaftes nach dem Gesetze des Hebels auf ihre Wurzeln, die als der zweite Hebelarm zu betrachten sind, und die Schwere und Bindigkeit des Bodens als Gegengewicht.

Entstehung der Winde.

Die Veranlassungen der Winde beruhen auf einer ungleichen Ausdehnung der Luft. Steigt an einer Stelle die Temperatur derselben, so erhebt sich die erwärmte Luftmenge vermöge der dadurch entstehenden Verringerung des specifischen Gewichts und es strömt in demselben Verhältnisse von der Seite kältere Luft an den sich entleerenden Raum. Die aufsteigende Luft muß zur Herstellung des Gleichgewichts oben wieder seitwärts abfließen; es hat also jede Erwärmung der Luft eine dreifache Bewegung zur Folge, ein Aufsteigen, ein Zuströmen zur erwärmten Stelle in der unteren und ein Wegströmen von derselben in der oberen Region. Ähnlich wirkt Temperaturverminderung. Die Gegenden, welche von der Sonne am meisten erwärmt werden, sind daher als die Mittelpunkte der Luftströmungen anzusehen. Sie werden durch die Axendrehung der Erde modificirt, es muß daher die aufsteigende Luft schief von Osten nach Westen aufsteigen und der von Norden oder Süden kommende Strom muß eine nordöstliche oder südöstliche Richtung erhalten.

Passatwinde.

Da die größte und das ganze Jahr anhaltende Erwärmung der Erde in der heißen Zone stattfindet, so muß dort das Aufsteigen und Zuströmen der Luft von allen Seiten eintreten. Die aus Nord und Süd kommenden Ströme haben eine kleinere Rotationsgeschwindigkeit, als der Gegend entspricht, wohin sie zielen. Sie bleiben daher in der Richtung von West nach Ost zurück und erscheinen als östliche Ströme. Es muß also, wo die Sonne im Zenith steht, und wohl auch in einiger Entfernung davon

ein beständiger Ostwind herrschen, während sie in anderen Gegenden mit der Jahreszeit wechseln. Solche beständige Winde, die eine ganze Jahreszeit hindurch nach einer Richtung und dann die andere nach der entgegengesetzten strömen, heißen **Passatwinde**, vom italienischen Passata Gang, Übergang, Fahrt, weil sie die Seefahrt begünstigen, indem man zur Zeit dieser Winde große Strecken ohne Veränderung des Laufes und ohne Wendung der Segel zurücklegen kann. Sie leiden durch Witterungswechsel ebenfalls an ihrer Regelmäßigkeit.

Hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Waldvegetation ergeben sich für die aus verschiedenen Himmelsgegenden wehenden Winde folgende Unterschiede:

Westwinde. Die stärksten und für die Wälder am meisten gefürchteten Winde sind die West-, Südwest- und Nordwestwinde. Sie erweichen, da sie gewöhnlich mit Regen begleitet sind, den Boden, beschweren die Krone der Bäume und unterstützen dadurch ihre eigene Kraft, welche sich oft durch die Niederlage ganzer Bestände äußert, besonders wo ihnen durch fehlerhafte Wirthschaft leichter Eingang verschafft ist.

Nordwinde. Obgleich die Nordwinde zwar manchmal nicht minder heftig sind, so bewirken sie doch nicht so leicht die Stürzung der Bäume, als die Westwinde, weil zur Zeit, wo sie am anhaltendsten wehen, der Boden gefroren ist.

Südwinde. Die Südwinde ziehen vorzüglich in der Höhe und werden dadurch besonders den beholzten Scheiteln der Bergköpfe und Rücken gefährlich.

Ostwinde. Die Ostwinde sind hinsichtlich der Kraft die unbedeutendsten von allen.

Bei Beurtheilung der Wirkung dieser Winde muß immer ihr ursprünglicher Zug, der in manchfach gewundenen Thälern eine oft ganz abweichende Richtung erhält, berücksichtigt werden, was man am leichtesten aus dem Gange der Wolken entnimmt.

Bergwind. Der größtentheils örtlich, an Berggipfeln entstehende, sich nach abwärts stürzende Wind heißt **Bergwind.** Er besteht gewöhnlich nur in einigen kräftigen Stößen und stürzt die Bäume abwärts. Auch die durch Lavinen erzeugten Stürme gehören hierher.

Wirbelwinde. **Wirbelwinde** sind solche, welche sich im Kreise drehend fortbewegen, sie führen öfter Staubsäulen und Laub in die Höhe. In den Wäldern reißen sie, selbst in dichtem Schlusse, ganze Lager nieder und werfen die Stämme ohne bestimmte Richtung durcheinander. Sie entstehen, wenn sich zwei entgegengesetzte Winde begegnen, wie an den Einmündungen der Seitenthäler in Hauptthäler, oder wenn heftige Luftströme wegen plötzlich entstehender, besonders im Winkel gebrochener Hindernisse zu einer rückgängigen Bewegung gezwungen werden. Sie sind besonders deshalb den Wäldern sehr schädlich, weil ihrer Wirkung am wenigsten entgegengewirkt werden kann.

Man erkennt die Richtung und Kraft der Winde einer Gegend aus der Richtung, nach welcher die Bäume vom Winde geworfen wurden, an

der Seite, woran freistehende Stämme stärker bewurzelt und rauher an der Rinde sind, ferner aus den Punkten, an welchen sich im Winter der meiste Schnee ansammelt und aus jenen, wo er weggeweht wird.

Wetter, Witterung.

Die Beschaffenheit der Feuchtigkeit, Wärme, Elektricität und Bewegung der Luft heißt **Wetter**, und der wechselnde Zustand des letzteren in einer gewissen Zeitperiode **Witterung**.

Klima.

Die durchschnittliche Witterung einer Gegend heißt **Klima**. Nach der Vegetation im Allgemeinen unterscheidet man für Deutschland:

	Mittlere Jahrestemperatur	Bodenbearbeitungszeit	Vegetationszeit
Weinklima	10—15° C.	9 Mon.	7 Mon.
Hopfen- oder Maisklima . .	9—10° C.	8 „	6 „
Wintergetreideklima	8— 9° C.	7 „	5 „
Sommergetreideklima . . .	7— 8° C.	6 „	4 „
Grenze der Ackercultur . .	unter 7° C.	unter 6 „	unter 4 „
Grenze des Waldbaues . .	5° C.		
Schneegrenze	3,4° C.		

Die Schneegrenze steht unter dem Äquator, oder bei

0°	Breite	15100	Wiener Fuß über dem Meere.
20°	„	14400	„ „ „ „ „
30°	„	11100	„ „ „ „ „
40°	„	9800	„ „ „ „ „
45°	„	8600	„ „ „ „ „
62°	„	5500	„ „ „ „ „
65°	„	2700	„ „ „ „ „ .

75—77° „ fällt die Schneegrenze mit der Meeresfläche zusammen, es herrscht dort ewiger Winter.

Am allgemeinsten unterscheidet man folgende Arten: Das Klima meeresgleicher Ebenen, das Küstenklima, das Klima der Hochebenen, das Thalklima, das Klima der Flußniederungen und das Gebirgsklima.

Klima meeresgleicher Ebenen.

Das Klima meeresgleicher Ebenen zeichnet sich im Allgemeinen aus durch warme Sommer und Tage, kalte Winter und Nächte, anhaltende Feuchtigkeit, wechselnd mit anhaltender Trockne. Die Luftwärme richtet sich nach der geographischen Lage. Die Strömungen der Luft sind sehr veränderlich, da ihre Ursachen meist in weiter Ferne liegen. Wirkliche Stürme sind selten.

Küstenklima.

Die mittlere Luftwärme des ganzen Jahres ist in Küstenländern durch die starke Verdunstung der benachbarten Wassermassen geringer, aber gleichmäßiger als im Binnenlande. Die Verdunstung des Wassers erniedrigt, wie schon angegeben, die Temperatur des Sommers und erhöht die des Winters. In Irland gedeiht in gleicher Breite mit Königsberg die Myrthe wie in Portugal, aber es reift kein Wein wie in Königsberg. Ebenso gleichen sich die Temperaturen des Tages aus. Die Feuchtigkeit ist bedeutend und besonders die feineren atmosphärischen Niederschläge sind

häufig. Die Strömungen sind heftig und meist von bestimmter Richtung, da ihre Ursache in der Nähe liegt.

Klima der Hochebenen.

Die Temperatur richtet sich nach der Erhebung über der Meeresfläche. In gleicher Höhe ist das Klima milder als das Gebirgsklima, rauher als das der Gebirgsthäler, die Luft trockener, aber mit häufigen Niederschlägen.

Thalklima.

Beim Thalklima ist die Wärme und Verdunstung durch die auf die benachbarten Bergabhänge senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen erhöht. Sobald aber die Sonne zu wirken aufhört, setzt sich die Temperatur rasch mit der der Umgebung ins Gleichgewicht. Es wechseln daher heiße Tage mit verhältnißmäßig kalten Nächten ab, daher das häufige Eintreten von Frühlingsfrösten, die Vegetation erwacht frühzeitig und wird dann in den kalten Nächten getödtet. Durch die schnelle Abkühlung der feuchten Luft entsteht auch häufig Nebel und Reif.

Die Feuchtigkeit der Luft rührt aber nicht allein von der schnelleren Verdunstung her, sondern auch von der größeren Feuchtigkeit des Bodens, der sich von den benachbarten Abhängen ansammelt, und von der Ruhe der Luft, wodurch nur wenig von den aufsteigenden Dünsten verweht wird. Die Richtung der Luftströme ist beständig und abhängig von der Richtung der Thäler. Je mehr sich die Thäler abflachen, um so mehr nähert sich ihr Klima dem der Hochebenen. Es erleidet auch nach der Richtung der Thäler bedeutende Abänderungen.

Klima der Flußniederungen.

Das Klima der Flußniederungen ist im Allgemeinen dem der Tiefebenen gleich, zeichnet sich aber durch größere und gleichmäßigere Luftfeuchtigkeit und beständigere Richtung der Luftströme aus. Dies gilt indessen nur für breite Niederungen, schmale theilen das Klima benachbarter Ebenen, oder sie haben, wenn sie von Bergen eingeschlossen sind, ein Thalklima.

Gebirgsklima

Beim Gebirgsklima ist die Temperatur verschieden nach der Erhebung von der Meeresfläche. Doch ist die Abnahme der Wärme durch die Höhe um so geringer, je sanfter das Gebirge ansteigt. Je bedeutender die Erhebung, um so kürzer der Zeitraum der Jahreswärme, um so bedeutender das Schwinden des Herbstes und Frühlings. Dem langen und schneereichen Winter folgt fast unmittelbar der kurze, heiße Sommer, diesem ein zwar im Allgemeinen kurzer, gegen die Dauer des Frühlings aber langer, milder und heiterer Herbst. Die Luftfeuchtigkeit ist an sich geringer, als in tieferen Gegenden. Dagegen treten häufige Niederschläge ein, deren Verdunstung wieder die Atmosphäre sättigt. Daher die großen Schneemassen im Winter und das seltnere Hervortreten der hohen Kältegrade, als in der Ebene. Die Luftströmungen sind häufig, heftig und meist von beständiger Richtung. Übrigens hat die Lage der Abhänge nach verschiedenen Himmelsgegenden einen wesentlichen Einfluß auf das Gebirgsklima.

Die Ostseite ist trocken und kalt, da sie die Sonne nur Vormittags trifft, wo sie noch nicht den höchsten Grad der Erwärmungskraft erreicht hat und die sie erreichenden Winde auf dem weiten Wege vom Meere her ihre Feuchtigkeit abgesetzt haben. Die Luftströme sind selten heftig.

Bei dem späten Erwachen der Vegetation hat man von Spätfrösten wenig zu fürchten; mehr schaden im Herbste die rauhen Ostwinde den noch zarten Samenpflanzen. Man säet daher im Herbste.

Die Westseite erhält die senkrechten Sonnenstrahlen zwar erst des Nachmittags, wenn die größte Hitze vorüber ist, allein die Erwärmung wird dadurch erhöht, daß sie stattfindet, wenn die umgebende Luft bereits erwärmt ist; daher trocknet diese Seite bei anhaltend trockenen Winden stärker aus, als die Ostseite. Bei uns in Deutschland gleicht sich dies wieder durch die häufigen feuchten Westwinde aus. Das Klima ist mild, die Luft feucht, hohe Kälte- und Wärmegrade und daher auch Früh- und Spätfröste selten. Desto nachtheiliger werden oft die heftigen Luftströmungen. Am gefährlichsten sind sie den Südwest- und Nordwesthängen wegen der schiefen Richtung des Windes.

Die Nordseite erhält die Sonne erst spät am Tage und in schiefer Richtung, weshalb hier die Wärmeentwickelung am geringsten ist. Obgleich sie an und für sich wenig Feuchtigkeit besitzt, so wird doch die Feuchtigkeit wärmerer Luftströme hier häufig niedergeschlagen. Die Vegetation erwacht langsam; Spätfröste sind daher selten, häufiger Frühfröste. Die Luftströmungen sind hier nicht gefährlich, wohl aber, wie angegeben, an der Nordwestseite. Der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht ist unbedeutend.

Die Südseite begünstigt die Vegetation am wenigsten. Die Sonne wirkt den ganzen Tag und Mittags senkrecht, trocknet daher den Boden und die Luft aus. Die Vegetation erwacht frühzeitig, Spätfröste werden daher gefährlich, man säet deswegen spät und schützt den Boden vor dem Austrocknen durch gehörige Beschattung. Die südwestliche Lage gestattet heftige Luftströme [1]).

Bodenkunde.

Begriff von Bodenkunde und von Boden.

Man versteht, wie schon angegeben wurde, unter forstlicher Bodenkunde oder **Agronomie** die Lehre von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Bodens in Beziehung zur Waldvegetation.

Boden nennt man in dieser Beziehung die obere lockere Schichte des Erdkörpers, so weit diese den Ausbreitungen der Pflanzenwurzeln zugängig ist. Im Gegensatze zur unteren festeren Schichte heißt er **Bodenkrume** oder **Obergrund.**

Bodenunterlage.

Der unter der lockeren Schichte oder Bodenkrume liegende festere Theil der Erdrinde heißt die **Bodenunterlage** oder der **Untergrund.** Sie hat entweder bis auf eine beträchtliche Tiefe mit der oberen lockeren

---

1) Über die Veränderung des Klimas unserer Erde vgl. Forst- und Jagdzeitung. 1839. S. 35. Über den zweifelhaften Einfluß des Mondes auf Witterung und Vegetation denselben Jahrgang S. 391 u. 486. 1838. S. 76. 1842. S. 278. Über den Einfluß der Waldungen auf die Witterungsverhältnisse und das Klima vgl. die Schrift von Petersen. Altona, Schlüter. 1840. (1/6 Thlr. oder 18 Kr.).

oder krümlichen Schichte gleiche Zusammensetzung, oder besteht aus anderen Substanzen, wie Sand, Steingerölle, Felsen rc.

Im ersten Falle kann sie durch bloße Auflockerung in Krume übergehen. Doch wird dann die Grenze zwischen beiden wenigstens durch eine dunklere Färbung des Obergrundes angedeutet. Die Auflockerung kann entweder künstlich geschehen durch Bearbeitung mit dem Spaten oder Pflug, welche aber fast ausschließlich nur dem Feldbau angehört, oder natürlich durch die in die Unterlage dringenden Wurzeln, deren Verwesung zur Auflockerung der festen Schichte beiträgt. Die steinige oder felsige Unterlage verliert nur durch chemische Zersetzung mittelst des Einflusses der Luft, durch Verwitterung ihre Cohärenz. Aus ihr hat sich indessen die Gesammtmasse der Bodenkrume, wenigstens ihre hauptsächlichen oder mineralischen Bestandtheile, gebildet. Dieser Theil der Erdrinde muß deshalb hier einer genaueren Würdigung unterstellt werden, weil erst daraus eine weitere Einsicht in die Entstehung der Bodenkrume zu gewinnen ist.

Wir haben uns demnach zunächst zu beschäftigen mit den nächsten Bestandtheilen der festen Erdrinde im Allgemeinen und in ihren räumlichen Verhältnissen. Ihre Betrachtung bildet den Gegenstand der Geognosie. Auf derselben läßt sich erst die Geologie oder die Lehre von der Entstehung der Erde begründen. Nach ihr folgt die Petrographie oder die Lehre von den Eigenschaften und der Zusammensetzung der einzelnen Gebirgsarten.

Geognosie.

Da wir bis jetzt die Grenze zwischen Rinde und Kern der Erde noch nicht kennen, so fällt das Studium der physikalisch-chemischen Verhältnisse der Erdrinde mit denen des Erdkörpers überhaupt zusammen.

Specifisches Gewicht der Erdmasse.

Was das specifische Gewicht der Erdmasse betrifft, suchten es Maskelyne und Hutton zuerst im Jahre 1774 durch die Ablenkungen des Loths zu bestimmen, welche der einzeln stehende Bergkegel Shehallien in Portshire bewirkte, und fanden es nach dem Verhältnisse der Erdmasse zur Bergmasse = 4,7. Cavendish berechnete es bald nachher aus der gegenseitigen Attraction großer Bleimassen, welche er durch Schwingungen fand, zu 5,3, Carlini ebenso mittelst Pendelschwingungen auf dem Berge Cenis zu 4,4, Drobisch nach den Pendelschwingungen in der Grube Dolcoath in Cornwall 1200′ unter der Erdoberfläche zu 5,4. Man kann daher das specifische Gewicht der Erdmasse zu 5 annehmen. Diese Dichtigkeit muß vermöge des ungeheueren Druckes auf die unteren Schichten gegen den Mittelpunkt der Erde zunehmen.

Unebenheit der Erdoberfläche.

Die Erdoberfläche ist ziemlich uneben. Beiläufig ein Viertel der Erdoberfläche ragt aus dem Wasser empor. Dieser hervorragende Theil steigt, wie in den Hochgebirgen Asiens, bis gegen 24000 Fuß über die Meeresfläche. Das mittelländische Meer hat bis zu 1000 Faden reichende Tiefen, während die Tiefen des großen Weltmeeres noch gar nicht gemessen werden konnten, sich aber auf 3 Meilen schätzen lassen mit einer mittleren

Tiefe von 6000 Fuß, wenn man annimmt, daß sich die Unebenheiten des Festlandes verhalten, wie ihre Flächenausdehnungen.

Temperatur der Erde.

Die Wärme der Erdoberfläche muß nach den großen Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter und zwischen den verschiedenen Zonen der Erde, ihre Hauptquelle im Sonnenlichte haben. Nach Caldecotte's Beobachtungen [1]) dringt die Sonnenwärme bei uns, wie am Äquator, über 12 Fuß in den Boden, indem bei dieser Tiefe die Temperaturverschiedenheit nach der Jahreszeit noch $1\frac{1}{4}^0$ C., bei 6 Fuß aber 3 und bei 3 Fuß $4{,}44^0$ beträgt. Nach Ferguson und Munke verschwinden die jährlichen Änderungen der Temperatur in einer Tiefe von 30, nach Fourier erst bei 180 Fuß. Nach Schöne's Beobachtungen dagegen sind, wenn auch die täglichen Oscillationen der äußeren Wärme schon bei 240 Fuß nicht mehr wahrgenommen werden, die jährlichen Schwankungen selbst noch bei 700 Fuß Tiefe bemerkbar.

Unter dem Äquator beträgt die mittlere Lufttemperatur $27\frac{1}{2}^0$ C., die mittlere Meerestemperatur $25{,}6^0$. Die Lufttemperatur übersteigt auf dem Lande nie 45^0 und zur See nie $31\frac{1}{3}^0$. Die Temperatur des Meerwassers kann gleichfalls bis 31^0 steigen. Die mittlere Temperatur des Nordpols wird auf — 15^0 C. geschätzt und die niedrigste je beobachtete Temperatur hat — 50^0 C. noch nicht erreicht. Die südliche Halbkugel ist kälter, als die nördliche.

Die Erde kann nie eine niedrigere Temperatur annehmen, als die des Weltraums, man kann daher diesem eine Temperatur von etwa — 50^0 zuschreiben. Die Luft ist daher um so kälter, je mehr sie von der Erde entfernt ist, weil sie dann um so weniger von der Erde, und wegen ihrer zunehmenden Dünne und Durchsichtigkeit, auch weniger von dem Sonnenlichte erwärmt wird, denn das Licht erwärmt nur, insoweit es absorbirt wird. Das Thermometer von C. fällt durchschnittlich um 1 Grad bei jeder Erhebung von 750′ von der Erdoberfläche.

Berücksichtigt man, daß Quellwasser oft von hohen Bergen herabkommen und die meteorischen Niederschläge zu einer Zeit erfolgen, wo die Lufttemperatur für den betreffenden Ort am niedrigsten steht, so ergeben doch die Beobachtungen unter allen Himmelsstrichen, daß das Wasser eine höhere Temperatur aus dem Boden mitbringt, als es dahin mitgenommen hat. Diese Erwärmung, unter dem Äquator kaum merklich, beträgt in unseren Gegenden meistens über 1 Grad, und ist im Norden noch beträchtlicher. An den Stellen, wo ewiger Schnee liegt, schmilzt dieser Schnee und das Glätschereis an der Erde fortwährend, es entspringen daher dort die größten Ströme. Je tiefer die Quellen hervorkommen, um so wärmer sind sie; doch erreichen heiße Quellen fast nie die Siedhitze ganz, wahrscheinlich weil sie dieselbe unterwegs verlieren. Das Mittel aus den angestellten

---

1) Poggendorff's Ann. d. Physik u. Chemie. Ergänz. Bd. II. 1845. S. 191 aus Proceed. of the R. Soc. Edinb. Vol. II. S. 29.

Beobachtungen gibt für 1° C. Temperaturerhöhung eine Tiefe von 107 Fuß an. Denkt man sich nun diese Temperaturzunahme fortgesetzt, so muß die Erdmasse bei einer gewissen Tiefe flüssig sein. Letztere läßt sich zwar wegen der bedeutenden Abweichungen in den Beobachtungen über Wärmezunahme und weil wir das Leitungsvermögen der festen Erdschichten nicht genau kennen, auch nicht sicher berechnen, kann aber wohl 8 Meilen nicht überschreiten.

In der Annahme, daß die Erdmasse in einer Tiefe von 8 Meilen sich im geschmolzenen Zustande befindet, finden die Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche, so wie das Ausströmen von kohlensaurem Gase und heißen Quellen ihre genügende Erklärung. Es leuchtet daraus ferner ein, warum die meisten vulkanischen Ausbrüche im Meere und an dessen Rande stattfinden, weil nämlich dort die Dicke der festen Erdrinde am geringsten sein muß. Nach Leopold v. Buch und Lyell stehen die thätigen Vulkane in Linien, welche wahrscheinlich großen Spalten in der Erdrinde entsprechen. Es kommen nie, oder nur höchst selten zwei oder mehrere Ausbrüche in derselben vulkanischen Linie gleichzeitig vor. Wir haben in Europa 3 (die sicilianische, die des griechischen Archipelagus und die isländische) in Asien 7, in Afrika 4 und in Amerika eine, aber sehr große vulkanische Linie.

Die feste Erdrinde. Die feste Erdrinde wurde noch an sehr wenig Stellen bis auf 1000 oder 1500′ von Menschen durchdrungen. Die größte Tiefe, welche man erreicht hat, ist 2000′. Die Dicke der festen Rinde zu 8 Meilen genommen, beträgt dies erst 1/96 davon.

Bei Weitem der größte Theil der Erdrinde besteht aus festem Gestein. Die losen Massen haben sich durch Verwitterung und mechanische Einwirkung getrennt. Die festen Massen sind zum Theil geschichtet, zum Theil nicht. Die geschichteten nehmen den größten Theil der Erdoberfläche ein. Ihre Schichten sind nur sehr selten horizontal gelagert. Bei geneigter Lage gehen ihre Enden meist zu Tage, wo man ihre Mächtigkeit und Reihenfolge untersuchen kann.

Urgebirge. Den Grundtypus der ungeschichteten Massen bildet der Granit, welcher aus Quarz, Feldspath und Glimmer in krystallinischer Structur besteht. Herrscht der Glimmer vor mit parallel gelagerten Blättchen, so entsteht der Gneis. Wo Hornblende auftritt, der Glimmer aber größtentheils und theilweise auch der Quarz verschwindet, da geht der Granit in Syenit über. Tritt aber die Hornblende noch mehr hervor, so entstehen die verschiedenen Arten von Grünstein, welcher bei körniger Structur Diorit heißt. Ein körniges Gemenge von Augit und Feldspath heißt Dolerit, das Gemenge von körnigem Feldspath, Augit und Hornblende aber Gabbro, ein Gemenge von sehr feinkörnigem Feldspath mit Schillerspath Serpentinfels.

Diese Gesteine bilden die unteren Lager der Erdrinde in unerforschter Mächtigkeit und in außerordentlichen Dimensionen ohne Zerklüftung. Oft sind aber auch diese Massen hoch aus der Tiefe emporgehoben und bilden dann die höchsten Gipfel und Rücken der Gebirge. Nur dort kann man

sie suchen, da sie in den niedrigeren Gebirgen zu hoch mit neueren Schichten bedeckt sind. Bei diesen Erhebungen mußte die feste Masse auf manchfaltige Weise aufgerissen werden, wodurch die wunderlichsten Gruppirungen der Felsen entstanden. Die verschiedenen Felsarten der Urgebirge gehen unmerklich ohne bestimmte Folgenreihe in einander über.

Die Urgebirge enthalten keine Spur organischer Überreste, und den Kohlenstoff nur als kohlensauren Kalk. Nichts widerspricht der Entstehung dieser Massen durch Abkühlung aus dem geschmolzenen flüssigen Zustande. Es ist durch Versuche erwiesen, daß der kohlensaure Kalk unter einem starken Drucke zum Schmelzen gebracht werden kann, ohne seine Kohlensäure zu verlieren, und die unmerklichen Übergänge derselben in Gestein von unbestritten vulkanischer Abstammung zeigen bei ihnen eine ähnliche Abstammung.

Diesen ungeschichteten Massen folgt eine Gruppe schiefriger Gesteine, die mit ihnen ohne bestimmte Ordnung abwechseln und ebensowenig eine Spur von Versteinerungen zeigen. Sie besteht aus Thon-, Kiesel-, Glimmer-, Talk-, Chlorit- und Hornblendeschiefer, Quarzfels rc. Diese Felsarten bilden den unmerklichen Übergang zu den mittleren Gebirgen, worin sie ebenso wie in den Urgebirgen eingelagert vorkommen.

Grauwackengruppe oder Uebergangsgebirge.

Die geschichteten Gebirgsarten fangen mit der Grauwacke in den sogenannten Übergangsgebirgen an. Die Grauwacke zeigt die ersten Spuren organischer Reste, sie muß durch Niederschlag entstanden sein. Man rechnet zum Grauwackengebirge oft noch den Übergangskalkstein und den alten rothen Sandstein, oder das sogenannte Todtliegende. Im Übergangsgebirge fangen die Kohlenablagerungen an, sind aber darin noch selten und von geringer Ausdehnung. Von Pflanzen finden sich Equiseten, Calamiten und Fucoiden; es mußte also zur Zeit der Entstehung dieser Gebirge schon Festland vorhanden sein. Von Thieren finden sich nur die niedrigsten Klassen repräsentirt, wie Zoophyten, Radiarien, Mollusken und Crustaceen, alle von anderen Geschlechtern, als die jetzt die Meere bewohnen. Von Fischen fand man einige wenige Flossenstacheln, Gaumenzähne und Knochen.

Steinkohlengebirge.

Der Grauwackengruppe folgt das Kohlengebirge. Trat im Übergangsgebirge auch eine entschiedene Schichtung ein, so wechseln doch die Neigungen dieser Schichten in kurzen Strecken. Im Kohlengebirge dagegen ist die Flötzbildung sehr regelmäßig, die Schichten zeigen auf meilenweiten Strecken ein kaum merkliches Streichen und Fallen; selten erreichen sie die senkrechte Richtung. Die Kohlenflötze wechseln mit Bänken von Sandstein und Schieferthon ab, auch enthalten sie schwache Lager von Thoneisenstein (Sphärosiderit). In England wechseln sie mit Kalksteinschichten. Die Mächtigkeit der Kohlenflötze wechselt von einigen Zollen bis 30 und 60 Fuß. In der Regel liegen mehrere, bisweilen, wie im Saarbrücker Kohlengebirge, selbst 120 Flötze parallel übereinander.

Die Kohlengebirge sind reich an Pflanzenüberresten; der Schieferthon enthält so viele Pflanzeneindrücke, daß sie noch nicht einmal alle bestimmt sind, wie Equisetaceen, Filices, Lycopodiaceen, Cannae, also vorzugsweise

Sumpf- und Küstenpflanzen. Ihre ungeheuere Größe, besonders die baumartigen Farrenkräuter deuten auf einen sehr fruchtbaren Boden und ein heißes Klima und zwar im Norden, wie im Süden. Conchilien hat man etwa 12, von Fischen noch weniger Arten gefunden.

Das Rothliegende.

An die Kohlengruppe reiht sich die des rothen Sandsteins an. Sie besteht, von der jüngsten Schichte angefangen, aus Lagern von buntem Mergel (Keuper), Muschelkalk, buntem Sandstein, Zechstein, Kupferschiefer oder Alpenkalkstein und von rothem Sandstein. Die Flötze liegen noch flacher und regelmäßiger, als im Kohlengebirge. Diese Gruppe ist wichtig durch die ihr angehörenden Salzlager (wie in Lothringen, am Neckar, in Sachsen und in der Schweiz), durch den im Zechstein gelagerten bituminösen Kupferschiefer (im Mansfeldischen).

Der rothe und bunte Sandstein enthält nur wenig Versteinerungen, mehr der Zechstein. Der Muschelkalk ist reich daran, wie schon sein Name sagt, namentlich an Fischen. Hier treten zuerst die Saurier auf und Reste von riesenhaften Schildkröten. Auch im Keuper kommen unter anderen die Saurier vor.

Die Mächtigkeit der Gruppe mag durchschnittlich an 2000′ betragen, in welche sich die einzelnen Glieder, wenn sie vorhanden sind, ziemlich gleichförmig theilen.

Juraformation.

Die nächstjüngere Gruppe wurde vom Jura, wo sie besonders charakteristisch und in großer Ausdehnung vorkommt, Jurakalk genannt. Ihr Hauptglied ist der Oolithenkalk oder Rogenstein. Thon-, Sandstein-, Mergel- und Kalksteinschichten wechseln mit dem Jurakalk und gehen gegenseitig ineinander über.

Der Jurakalk enthält wieder höhere Thiere und Pflanzen, Cycadeen, Coniferen und Liliaceen, viele Mollusken und Saurier und im Oolithenkalk von Stonesfield fand man die erste Spur von Säugethieren, (Didelphis Bucklandi) und die ältesten Überreste von Insekten.

Die Mächtigkeit dieser Formation kann durchschnittlich zu 2500 Fuß angenommen werden.

Das Kreidegebirge.

Nach dem Jurakalk ist die nächstjüngere Schichte das Kreidegebirge. Außer der eigentlichen Kreide gehört zu demselben noch ein mächtiges Mergelgebilde, nach der starken Färbung, welche ihm grüne Körner ertheilen, Chloritmergel genannt, auch Plänerkalk oder Quadersandstein. Es ist im nördlichen Deutschland und Frankreich und in Südengland sehr weit verbreitet. Es erreicht selten eine Mächtigkeit von 1000′.

Bei Ablagerung der Kreide scheinen nach der Regelmäßigkeit und geringen Neigung der Flötze schon alle weit verbreiteten gewaltsamen Erdumwälzungen beendigt gewesen zu sein.

Die Kreide enthält in ziemlich regelmäßigen Schichten Feuersteinknollen, welche in der Regel einen organischen Körper als Kern enthalten.

Das Kreidegebirge bedeckt das Becken von Paris und London. Es ist sehr reich an Versteinerungen und enthält außer vielen niedrigeren Thierklassen viele Fische, Krokodile und den ungeheuren Mosaurus, viele

Blätter, Zweige und Holzstücke, also eigentliche Landpflanzen, aber keine Spur von Vierfüßern.

Das Steinkohlengebirge, das Rothliegende, die Juraformation und das Kreidegebirge bilden zusammen die Abtheilung, welche man mit dem Namen Flötz- oder secundäres Gebirge bezeichnet. Die über der Kreide liegenden Schichten heißen tertiäres Gebirge.

Flötzgebirge oder secundäres und tertiäres Gebirge.

In der Umgegend von Paris hat man 5 Schichten über der Kreide unterschieden, wovon die unterste aus plastischem Thon, Braunkohlenlagern und Sandstein besteht. Sie ist eine Süßwasserbildung. Die zweite Schichte bildet den Grob- oder Cerithenkalk, und hat sich im Meere gebildet. Die dritte Schichte ist wieder Süßwasserbildung und besteht aus kieseligem Kalkstein, Gyps, Knochenlagern und Süßwassermergeln. Die vierte Schichte ist eine Meerbildung aus Mergel, Meersand, Sandstein und Kalkstein. Die fünfte Schichte, eine Süßwasserbildung, besteht vorzugsweise aus den berühmten Mühlsteinlagern zwischen Seine und Marne und aus Mergeln. Diese Gegend wurde also in der Bildungsperiode des Tertiärgebirges im Pariser Becken 3 Mal lange Zeit vom Meere überfluthet. Die Mächtigkeit dieser 5 Schichten beträgt gegen 500 Fuß.

Das Tertiärgebirge der übrigen Länder weicht von dem Pariser manchfaltig ab und ist noch zu wenig untersucht, um allgemein gültige Angaben darüber aufzustellen, oder kann vielleicht vermöge seiner Ungleichartigkeit gar nicht unter einen allgemeinen Gesichtspunkt gebracht werden.

Das Tertiärgebirge ist reich an Überresten, welche sich den jetzt lebenden sehr annähern. Nach den ältesten Schichten desselben gehörte noch sowohl der nördlichen, als südlichen Zone ein heißes Klima an, erst bei den neuesten Schichten scheint sich dies geändert zu haben.

In den an der Oberfläche der Erde abgelagerten Geschieben und im Schlamme, der sich in natürlichen Höhlen niedergeschlagen hat, finden sich große Massen fossiler Knochen von größtentheils jetzt untergegangenen Säugethierarten, meist von Bären und Hyänen, aber nur wenige von Vögeln und Reptilien.

Weder von Quadrumanen, noch von Menschen wurden Knochen in entschieden versteinertem Zustande gefunden.

Bildung der Erdrinde (Geologie).

Die unterste der uns bekannten Schichten der Erdrinde bildet, wie oben angegeben wurde, das Urgebirge. Die Untersuchungen, welche zu diesem Zwecke angestellt worden sind, haben ergeben, daß sich dasselbe aus einer geschmolzenen Masse gebildet habe, welche sich ihrerseits wieder aus einem gasartigen Körper, wie die Kometen, verdichtet haben mag. Für den Grundtypus desselben, für den Granit möchte die Chemie kaum einen anderen Ursprung nachweisen können, als den aus einer geschmolzenen Masse. Mitscherlich hat sogar nicht ohne Erfolg versucht, den Granit im Hochofen-Feuer künstlich darzustellen. Kann auch gegen diese Annahme der Einwand geltend gemacht werden, daß die Zeit, die hohe Temperatur und

andere Einflüsse den geschichteten Gebirgsarten eine krystallinische Structur zu geben vermögen und selbst Thatsachen vorliegen, welche auf eine solche Umänderung hinweisen, so sind doch die von Hutton zuerst aufgestellten Gründe der Lagerungsverhältnisse als völlig entscheidend zu betrachten. Der Granit dringt nämlich an vielen Punkten der Erdoberfläche, wie in England, Sachsen, in der Schweiz in Spalten, Klüfte und Auszackungen anderer Gebirgsarten so ein, wie nur eine flüssige Masse leere Räume auszufüllen vermag. Auch wirkte der Granit auf die angrenzenden Gesteine auf eine Weise ein, die von einer hohen Temperatur zeugt.

Wenn nun die Grundlage der Erdoberfläche aus Urgebirgsarten besteht, und diese sich nur als aus dem geschmolzenen Zustande entstanden erklären lassen, so muß die Oberfläche der Erde ursprünglich auch die Temperatur des Schmelzpunktes für solche Steinmassen gehabt haben. Für die Annahme, daß hingegen im Inneren der Erde eine niedrigere Temperatur stattgefunden habe, sind keine Gründe vorhanden, es ist nicht wohl denkbar, daß die geschmolzene Erdrinde, ohnedies von der sehr niedrigen Temperatur des Weltraumes begrenzt, einen kalten Erdkern eingeschlossen habe. Entschieden aber widerspricht dieser Annahme die jetzt noch vorhandene hohe Temperatur im Inneren der Erde. Es muß sich also ursprünglich die ganze Erdmasse in geschmolzenem Zustande befunden haben.

Bei dem geschmolzenen Zustande konnte die Erde genau diejenige abgeplattete Kugelgestalt annehmen, die ihrer Größe und Umschwungs-Geschwindigkeit entspricht und die sie auch wirklich angenommen hat.

Bei einem geschmolzenen Zustande konnte die Temperatur der Erdmasse nicht unter 1600 bis 2000° C. (vgl. S. 153) betragen haben. Bei dieser Temperatur mußte alles Wasser als Dampf in der Atmosphäre gewesen sein. Die mittlere Meerestiefe zu 8000 Fuß und die Meeresfläche als drei Viertel der ganzen Erdoberfläche angenommen, mußte diese Wassermasse als Dampf einen Druck von 200 der heutigen Atmosphären ausüben. Ferner mußte unter den damaligen Umständen der Kohlenstoff aller dieser ausgebreiteten Kohlenlager, die man fast in allen Ländern der Erde findet, aller Kohlenstoff des jetzigen Thier- und Pflanzenreichs als Kohlensäure in der Atmosphäre enthalten sein. Nur der kohlensaure Kalk konnte, wie oben angegeben wurde, als solcher im geschmolzenen Zustande vorhanden sein.

Außerdem mußte die damalige Atmosphäre noch alle übrigen Stoffe in Dampfform enthalten, welche sich bei einer so hohen Temperatur verflüchtigen.

Die geschmolzene Erdmasse und ihre ungeheure Atmosphäre mußten, der partiellen Attraction von Sonne und Mond unterworfen, eine Ebbe und Fluth hervorbringen, wie jetzt das Weltmeer. Die Höhe der Seefluth hängt mit von der Meerestiefe ab, die Stärke der atmosphärischen Fluth von der Dichtigkeit der Atmosphäre. Die Bewegungen der flüssigen Erdmasse mußten demnach ungemein viel bedeutender sein, als es jetzt die Fluthen des Meeres sind, und die Fluthen der Atmosphäre, jetzt kaum mehr bemerkbar, mußten bei ihrer damaligen Dichtigkeit ziemlich stark hervortreten.

Doch mochten sie auch damals gegen die furchtbaren Winde verschwinden, welche durch den großen Unterschied der Temperatur der Erdfläche und des Weltraums entstanden. Mit welcher Gewalt mußten diese Stürme die flüssige Erdmasse aufwühlen? Welche außerordentlichen elektrischen Erscheinungen mußten die damaligen Verhältnisse nicht herbeiführen?

Erste Periode der Erdbildung. Erstarrung der Oberfläche zu einer Rinde

In der kalten Umgebung des Weltraumes mußte die Erdmasse endlich an der Oberfläche abkühlen bis zur krystallinischen Erstarrung einer Rinde. So wie sich aber nur auf ruhigem Wasser eine glatte Eisrinde bildet, während sich auf großen Flüssen die Eisschollen haushoch emporschieben und in den Polarmeeren Eisberge bis zu 200′ Höhe entstehen, so mußten die damaligen enormen Stürme die große Unebenheit der Erdoberfläche herbeiführen, die nur zum Theil durch jüngere Ablagerungen wieder ausgeglichen und zum Theil vom Meere ausgefüllt worden ist.

Als die erstarrte Erdrinde zu einiger Dicke gelangt war, mußten die Erschütterungen der wogenden flüssigen Erdmasse in der Tiefe sowohl, als die Zusammenziehung der erstarrenden Rinde selbst vielfache Spalten und Risse erzeugen, in welche die geschmolzene Masse emporbrang und darin erstarrte. So entstanden Granitgänge im Granit selbst, im Gneis, im Glimmer- und älteren Thonschiefer, im Hornblendegestein 2c. Es konnten bei diesem Zustande der Dinge keine organischen Körper entstehen, wie man denn auch wirklich im Urgebirge noch keine Spur von organischen Überresten aufgefunden hat.

Zweite Periode der Erdbildung. Abkühlung der Erdmasse bis zur Niederschlagung des Wassers.

In einer zweiten Periode, wo der Wasserdampf bei der allmäligen Abkühlung sich niederzuschlagen anfing, die Temperatur aber gleichwohl noch zu hoch war, um organische Wesen zuzulassen, mußten unermeßliche siedendheiße Regengüsse vom Himmel herabstürzen. Wenn nun unsere heutigen Regengüsse und Hochwasser Steinmassen ablösen und zertheilen, womit die Flüsse an ihren Mündungen ganze Länderstrecken bedecken, die See- und Meerbecken ausfüllen, und so die Grenzen des Festlandes meilenweit erweitern, was vermochten dann nicht die Gewässer der Urzeit zur Erdbildung beizutragen? Es entstanden die Flußrinnen, Seen und Meere, und in diesen die ersten schichtenförmig gelagerten Steinablagerungen. So mögen sich Thon-, Kiesel-, Glimmer-, Talk-, Chlorit-, Hornblendeschiefer und verwandte Felsarten gebildet haben. Durch das noch fortwährende Hervorbringen geschmolzener Massen aus der Tiefe mußten damals häufig Seeboden und Festland ihre Rollen wechseln. Dabei konnten geschmolzene Massen häufig auf andere Gesteine, mit denen sie in Berührung kamen, verändernd einwirken und ihrem Gefüge eine krystallinische Structur geben, ohne sie wirklich zu schmelzen.

Sehr schwierig zu erklären ist die Erscheinung, daß in den älteren Gebirgen so wenig Kalk vorkommt, während er in den neueren Gebirgen in immer größeren Massen auftritt. Nach de la Beche wäre er noch in späteren Zeiten aus dem Inneren der Erde emporgedrungen. Egen glaubt, daß die zuerst niedergeschlagenen kohlensäurereichen Gewässer die ursprünglich vorhandenen und entblößten Kalklager aufgelöst und, so lange der starke

atmosphärische Druck die Kohlensäure zurückhielt, in Auflösung erhalten haben, bis sie beim Aufhören des Druckes durch den Verlust der Kohlensäure den Kalkgehalt absetzten, wie denn überhaupt die Niederschläge aus dem Meer- und Süßwasser durch Verwitterung und Auslaugung der älteren vulkanischen Gebirgsarten entstanden sind.

Dritte Periode der Erdbildung. Auftreten organischer Gebilde.

Der Anfang der dritten Periode der Erdbildung ist durch das Auftreten organischer Gebilde bezeichnet. Während ihrer Dauer bildete sich die Grauwackengruppe. Was aber zur Grauwackengruppe oder zum Übergangsgebirge zu rechnen sei, darüber sind die Geognosten noch nicht einig, weil sie in sehr unmerklichen Abstufungen in die jüngeren Gebirgsformationen übergeht, doch unterscheidet sich die dritte Periode von der vierten im Allgemeinen wesentlich genug, um sich damit nicht in eine zusammenfassen zu lassen.

Die Temperatur der Erde mußte sich wenigstens bis unter den Siedepunkt des Wassers erniedrigt haben, bevor Thiere und Pflanzen bestehen konnten. Denn so sehr konnten die damaligen Organismen von den jetzigen nicht verschieden sein, daß sie bei einer Temperatur lebten, welche jetzt alles organische Leben tödten würde, um so mehr, als man selbst aus jener Zeit Überreste von Geschlechtern gefunden hat, die jetzt noch fortbestehen. Die Temperatur der Erdoberfläche mochte beim ersten Auftreten von Organismen etwa noch 80 bis 90° C. betragen haben, wie denn auch sehr hohe Temperaturen von lebenden Organismen noch heutzutage ertragen werden. So sahen Sonnerat und Prevost in Ostindien den Vitex Agnus castus L. an einer Quelle von 76 und auf der Insel Luzon an einem Bache von 86° C. Wärme wachsen. In dem Bache lebten verschiedene Fische, und die Uferpflanzen senkten ihre Wurzeln ins Wasser. Forster fand den Vitex am Fuße eines Vulkans der Insel Tanna in einem Boden von 100° rc.

Eine Erdwärme von 90° C. vorausgesetzt, konnte die Sonnenwärme damals nur einen sehr geringen Unterschied der Klimate bewirken, während dieselbe gegenwärtig, wo die der Erde eigenthümliche Wärme kaum den Aufthaupunkt des Wassers erreicht, zwischen den Polar- und Äquinoctialgegenden allerdings einen Temperaturunterschied von 36° C. hervorbringt, welcher vielleicht damals noch nicht 10° betrug. Es mußte daher damals über die ganze Erde dieselbe Thier- und Pflanzenwelt verbreitet gewesen sein, und zwar eine solche, die mit der jetzt zwischen den Wendekreisen lebenden die meiste Ähnlichkeit hatte.

Die Niederschlagung von Gewässern aus der Atmosphäre dauerte in dieser Periode fort, dabei mußten noch immer beträchtliche Erhebungen und Durchbrechungen stattgefunden haben, denn die Schichten aus dieser Zeit nehmen alle möglichen und sehr rasch abwechselnde Lagen gegen den Horizont ein und durchsetzen einander auf die manchfaltigste Weise.

Die damals lebenden Thiere und Pflanzen müssen aus den aufgefundenen Resten erschlossen werden. Es wäre aber irrig, wollte man die damalige Thier- und Pflanzenwelt nicht für viel manchfaltiger annehmen, als sie uns danach erscheint, da uns von vielen gallertartigen Thieren keine

Spur übrig bleiben konnte, und von den Pflanzen eigentlich nur mehr die Sumpf- und Wasserpflanzen, die dem Orte der Steinbildung nahe standen, uns Zeichen ihres Daseins hinterlassen konnten.

In die Periode der Grauwackenbildung fällt die erste Ablagerung von Kohlen. Der in der Atmosphäre vorhandene Kohlenstoff war darin als Kohlensäure vorhanden. Die Niederschlagung desselben konnte demnach nicht anders als durch die Vegetation entstehen. In der weichen Kohlenmasse sind durch den Druck der aufgelagerten Gebirgsmassen alle mit bloßem Auge bemerkbaren Spuren von Pflanzenformen vertilgt, aber in dem härteren Schieferthon, welcher mit den Kohlenflötzen wechsellagert, sind uns die deutlichsten Abdrücke von den ältesten Geschlechtern der Pflanzenwelt erhalten, wogegen das bewaffnete Auge auch in der Kohlenmasse selbst die Spuren von Pflanzenorganismen erkennt.

Vierte Periode der Erdbildung. Bildung des Flötzgebirges

Während der dritten Periode der Erdbildung mußte mit der fortschreitenden Abkühlung die Dicke der Erdrinde so weit zugenommen haben, daß schon zu Anfang der vierten Periode die unterirdischen Kräfte nicht mehr solche Zertrümmerungen zu bewirken vermochten, wie in den früheren Bildungsperioden. Nur im Kohlengebirge finden sich noch häufige Trennungen und Verschiebungen der Schichten, welche in den oberen Lagen sich immer mehr verlieren.

Die Ablagerung von Kohle hat von den Zeiten der Grauwackenbildung bis auf unsere Tage, freilich mit bedeutenden Modificationen, fortgedauert. In den ältesten Zeiten der Flötzbildungen sind die bedeutendsten Kohlenmassen abgelagert worden. Die hohe Erdwärme und die feuchte kohlensäurereiche Atmosphäre mußten die Vegetation außerordentlich begünstigen. Wenn nun in unseren Tagen in den Urwäldern der Sunda-Inseln und der amerikanischen Äquinoctialgegenden sich eine vermoderte Pflanzenmasse erzeugt, die den Boden mehrere Klafter hoch bedeckt, so kann man jenen Zeiten eine viel mächtigere Ablagerung von Pflanzenmasse zumuthen, welche sich im Verlaufe von Jahrtausenden unter dem Drucke der darüber gelagerten Schichten und bei Abschluß des Sauerstoffs der Luft nicht in Kohlensäure auflösen konnte, sondern durch Ausscheidung von Wasserstoff und Sauerstoff sich in Mineralkohlen verwandelte.

Es scheint, daß die wechselnden Lagen von Pflanzen, Schieferthon und Sandstein während ihrer Bildung eine biegsame Masse geblieben sind, welche am Ende ihrer Bildungsperiode von unterirdischen Kräften stellenweise gehoben die Mulden und Sättel bildeten, welche man an ihnen wahrnimmt. Durch solche Erhebungen mußte denn auch fortwährend ein Wechsel zwischen Meeresboden und Festland herbeigeführt werden.

Die Dauer der vierten Periode, in welcher sich alle neueren Gebirgslagen bildeten, mochte sehr ausgedehnt, vielleicht länger, als die drei früheren zusammen gewesen sein.

Die Pflanzen der dritten und des Anfangs der vierten Periode gehören vorzugsweise den Geschlechtern der Palmen, baumartigen Schilfe, Farrenkräutern und anderen Sumpfgewächsen an. Es waren damals über

200 Arten von Farrenkräutern vorhanden, während jetzt nur noch 30 Arten derselben da sind. Während die Atmosphäre einerseits durch die kolossale Vegetation ihren Kohlenstoff, andererseits durch Abkühlung ihren Wasserdampf verlor, wurde sie zum Einathmen und zur Erhaltung des Lebensprozesses der höheren Thierklassen geeignet. An die niederen Thiergeschlechter der Meere schlossen sich in der vierten Periode die höheren Geschlechter der Eier legenden Vierfüßer — die Schildkröten, Krokodile und Eidechsen — an. Von einigen wenigen lebendigen Vierfüßlern kommen in der vierten Periode nur seltene Spuren vor. Auch fehlten in dieser Periode alle mehlhaltigen Pflanzen, welche der höheren Thierwelt allein ihr Bestehen sichern.

Bei der Dicke der Erdrinde wurden die Erhebungen immer seltener. Die Luft- und Bodentemperatur war jedoch immer noch mehr von der Erd- als von der Sonnenwärme abhängig, die Klimate traten noch nicht merklich hervor. So wie durch das Zurücktreten der Wärme die Kräfte der leblosen Natur immer mehr ins Gleichgewicht kamen, entwickelten sich die Lebenskräfte der organischen Welt in einer größeren Manchfaltigkeit und bis zu einer höheren Stufe.

Fünfte Periode der Erdbildung. Entstehung des Alluviums.

In der fünften Periode der Erdbildung bildeten sich keine bedeutenderen festen Gebirgslagen mehr, doch veranlaßten noch allmälige Hebungen und Senkungen im Anfange der Periode häufige Wechsel zwischen Land und Meer. Die großen Flußthäler hatten sich in ihrer Hauptgestaltung schon in früheren Perioden gebildet, aber die Thalwege der Gewässer waren noch an vielen Stellen durch Gebirgszüge abgeschnitten, welche die Wässer zu ungeheuren Landseen aufstaueten, aus denen sie ihren Ausweg in großen Abstürzen nehmen mußten. Die mehrere hundert Fuß hoch über dem Wasserspiegel an unseren Flüssen aufgehäuften Gerölle zeugen von diesen Aufdämmungen.

Die unermeßliche Kraft der Wasserstürze zehrte fortwährend an dem festen Gestein, welches seinem Laufe im Wege stand. Die Wasserfälle rückten immer mehr aufwärts, bis endlich der Steindamm durchbrochen war und nun die Seen abliefen. Von solchen Durchbrechungen der Gebirge liefern die großen Flußthäler die unzweideutigsten Spuren. In den Hochgebirgen haben die Flüsse ihren stärksten Fall, welcher sich gegen das Meer hin vermindert und in demselben ganz verschwindet. In den abschüssigen Thälern reißen die Gewässer in ihrem schnellen Laufe Gerölle und verwittertes Gestein mit sich fort. Die feineren Theile erhält das Wasser bis zum Meere schwimmend und setzt sie erst gegen die Flußmündung hin ab. Den Sand entführt das Hochwasser und die größeren Geschiebe werden von den Fluthen alljährlich wenigstens eine Strecke abwärts gerückt. So lange ein Fluß noch viele Seen zu durchströmen hat, setzt das Wasser schon dort in der Ruhe seine erdigen Theile und Geschiebe ab und füllt daher nur sehr langsam die abwärts liegenden Thäler aus. Rascher erfolgt dies bei entfesseltem Laufe der Flüsse. So bilden daher die größeren Flüsse die fruchtbaren Thalebenen und Delta.

Man hat versucht, aus dem Fortschreiten der Alluvionen und der vorhandenen Massen derselben die Dauer ihrer Bildung zu berechnen. Nach Girard's Untersuchungen erhöhte sich das Nilbett in Unterägypten in 1600 Jahren um etwa 2 Meter, die Tiefe der Alluvion gibt er zu 11 Meter an, zu deren Bildung also ein Zeitraum von 9000 Jahren erforderlich gewesen wäre. Da aber große Flüsse häufig ihr Bette wechseln und der Nil Anfangs sich in oberhalb gelegenen Seen schon bedeutend ablagerte, also unten weniger absetzen konnte, so möchte der angegebene Zeitraum mehr als zu verdoppeln sein.

Auf ähnliche Weise berechnete Lyell die Zeit, welche der Niagarafluß zur Aushöhlung seines Felsenbettes bei Queenstown beburft hatte, nach dem Aufwärtsrücken des Flusses in den letzten 40 Jahren auf 10,000 Jahre. Egen berechnet den zur Bildung der Ablagerung an der Rothenfelder Soolquelle in Westphalen nöthigen Zeitraum auf 20,000 Jahre.

Die höheren Thiergattungen der Vorwelt, namentlich die Vögel und die lebendig gebärenden Vierfüßer gehören mit wenigen Ausnahmen alle der fünften Periode an. Man findet ihre Skelette meist nur im aufgeschwemmten Lande, im Torfboden, in den Flußbetten, in den Thonlagern von Gebirgshöhlen und in dem Eise der Polarländer. Auch der Umstand, daß die jetzigen Thiere der heißen Zone im nördlichen Europa, Asien und Amerika gefunden werden, welche demnach damals ein sehr warmes Klima gehabt haben mußten, deutet wieder auf eine Vorzeit von vielen tausend Jahren zurück; denn eine plötzliche Veränderung in der Erdwärme ist nicht denkbar und eine Austauschung der Klimate, etwa durch eine veränderte Lage der Erdaxe streitet gegen die Thatsache, daß die Überreste von Thieren der heißen Zone sich über die ganze Erde im aufgeschwemmten Boden finden. Eine Veränderung der Erdaxe hätte ferner nur durch äußeren Anstoß, wovon wir nichts weiter kennen, bewirkt werden können. Es widerspricht ihr ferner die vorhandene Abplattung der Erde und die Übereinstimmung der geometrischen mit der Rotationsaxe. Die Annahme einer früheren größeren Schiefe der Ekliptik erklärt das heiße Klima in den Polargegenden gar nicht. Vielmehr scheint der allmälige Eintritt der Polarkälte und der damit verknüpfte Futtermangel die Geschlechter der Thiere vermindert und endlich ganz vertilgt zu haben. Auch durch den häufigen Wechsel zwischen Festland und Meer mußten viele Thiergeschlechter untergehen. Es ist wahrscheinlich, daß mehrere ausgestorbene Thiergeschlechter noch im Anfange der folgenden Periode vorhanden waren.

Sechste, oder gegenwärtige Periode der Erdbildung.

Die sechste Periode beginnt mit dem Auftreten der noch jetzt vorhandenen organischen Schöpfung und des Menschengeschlechts. Allerdings gehören aber viele Thiere der unteren Klassen, vielleicht auch viele Pflanzen schon früheren Perioden mit an.

In dieser Periode, welche Manche als die Periode der Stabilität betrachten, schreitet die Erdbildung fort, wenn auch nur so langsam, daß ein Zeitraum von ein paar tausend Jahren noch kaum von den Menschen mit Bestimmtheit übersehen werden kann. Die Flüsse entführen fortwährend

den Gebirgsgegenden Schlamm und Gerölle und lagern sie in den Ebenen ab. Ihre Betten erhöhen sich, so daß sie, wenn nicht die Menschen ihren Lauf eindämmen, von Zeit zu Zeit ihren Lauf ändern. Die Flußdelta schieben sich weiter ins Meer hinein, wenn nicht Meeresströmungen die Ablagerung wieder entführen. Seen füllen sich allmälig aus und die Wasserfälle rücken durch Ausspülung des Gesteins immer mehr aufwärts. Am Festlande verwittern die zu Tage liegenden Gesteine, Flechten und Moose setzen sich an und befördern die Zerstörung, der Regen wäscht die losen Theilchen ab. So gewinnt der fruchtbare Ackerboden an Ausdehnung und ruft das organische Leben hervor.

Das Meer ändert fortwährend die Form des Festlandes, je nach der Richtung der Fluthen und herrschenden Winde verliert, oder erweitert sich eine Küste. So dringt das Meer an vielen Stellen der englischen und holländischen Küste alljährlich tiefer ins Land, an anderen Orten schwemmt es Land an.

Auch die unterirdischen Bewegungen, oder wie wir sie nennen, die vulkanische Thätigkeit, wirken fort. Sie werfen ungeheuere Massen aus von festem Gestein, von Gerölle, von Asche und flüssiger Lava, sie heben ganze Gegenden von mehreren Quadratmeilen Fläche und hohe Berge empor, wie den Jorullo in Mexico, den Monte nuovo bei Neapel, und im Meere entstehen vulkanische Inseln.

Die vulkanischen Erscheinungen sind über alle Theile der Erde verbreitet und, die erloschenen Vulkane mit gerechnet, in fast jedem Landstriche anzutreffen. Wenn sich die flüssige Erdmasse in Bewegung setzt, so wird sie durch die Spalten, welche die vulkanischen Linien bilden, hervorgedrängt. Bei ihrem Durchgange durch die oberen Schichten gelangt sie zu feuchten Lagern, oft auch zu kohlen- und schwefelhaltigen Mineralien, deren Zersetzung und der Ausfluß der Lava die bekannten Erscheinungen eines vulkanischen Ausbruches herbeiführt. Durch Verstopfung der vulkanischen Schlünde entstehen Erhebungen und Erschütterungen des Bodens. Die Quellen von warmem Wasser und Gas reihen sich den vulkanischen Erscheinungen an und finden in ihnen ihre Erklärung.

Eine andere Ansicht läßt große Massen unoxydirter Stoffe im Innern der Erde vorhanden sein, deren fortschreitende Oxydation die Feuererscheinung bedinge. Allein die ungeheure hierzu nöthige Menge Sauerstoff könnte nur aus der Luft herstammen und müßte daher starke Luftströmungen nach dem Innern der Erde hervorrufen, wovon man indeß noch nirgends eine Spur entdeckt hat.

Wenn die bewegte flüssige Erdmasse gegen die nur wenige Meilen dicke Erdrinde anschlägt, so liegt in den entstehenden Erderschütterungen gar nichts Wunderbares. Wollte man sich die Erdkugel als eine feste Masse denken, so läßt sich gar keine Kraft ausfindig machen, welche nach den Gesetzen der Dynamik Erdbeben hervorbringen könnte, und da schwerlich irgend eine Gegend im Laufe der Zeit ganz von Erderschütterungen frei

geblieben ist, so müßten, wenn man Höhlungen annehmen wollte, diese sich unter alle Erdtheile hin erstrecken, und diese müßten aber dennoch, damit ihre Wölbungen getragen werden könnten, mit einer Flüssigkeit von gleichem specifischen Gewichte mit den benachbarten Erdmassen gefüllt sein und dies könnte also auch wohl nur geschmolzenes Gestein sein.

Auch die Hebungen des Bodens hören in dieser Periode noch nicht ganz auf, obgleich erst in neuerer Zeit denselben einige Aufmerksamkeit ist zugewendet worden, wie sie sich denn auch eigentlich nur in der Nähe des Meeres mit Sicherheit nachweisen lassen, weil sich sonst kein Maßstab der Vergleichung darbietet. Die Küstenbewohner Schwedens wußten längst, daß das Meer zurücktrete, und Celsius machte schon vor mehr als hundert Jahren auf diese Erscheinung aufmerksam, bis man erst später fand, daß nicht das Meer zurückgewichen sei, sondern die Küste sich gehoben habe, und zwar in 100 Jahren gegen 3 Fuß. Dies ergab sich theils aus der Unveränderlichkeit des Wasserstandes an den preußischen Küsten und mehreren Inseln, theils aus der Ungleichheit des Hervortretens der Felsen aus dem Wasser. Andererseits zeigten die neuesten Untersuchungen ein Sinken der Küste von Schonen. Ähnliche Erscheinungen ergaben sich an der dänischen und an der Küste des adriatischen Meeres 2c. Solche Erhebungen sind mit nicht unbedeutenden Temperaturerhöhungen des Bodens verbunden. Das nördliche Schweden und Norwegen gestattet daher noch die Cultur von Gewächsen, welche man nach dem hohen Breitengrade dort nicht mehr erwarten sollte.

Wenn die Erde fortwährend an eigenthümlicher Wärme verliert, so muß endlich ein Zustand des Gleichgewichts eintreten, dem die Erde allerdings jetzt sehr nahe steht, wo die Erde ebenso viel Wärme von der Sonne empfängt, als sie aussendet. Durch die noch thätigen Vulkane, durch die heißen und auch durch die kalten Quellen, durch das Schmelzen der Gletscher und Schneemassen der hohen Gebirge erwächst der Erde noch fortwährend ein Verlust an Wärme. Außer dieser Abkühlung müssen auch noch beträchtliche Veränderungen in der Vertheilung der Wärme im Innern der Erde stattfinden, wie dies die Veränderungen des magnetischen Zustandes der Erde andeuten.

Fourier hat berechnet, daß sich die Erde in 1000 Jahren noch nicht um $^1/_{400}$° C. abkühle, nach Laplace um $^1/_{540}$. Es könnte auch sein, daß die Erdrinde in verschiedenen Polhöhen ungleich erkaltet. Die heiße und gemäßigte Zone scheinen seit 2000 Jahren nicht merklich an Wärme verloren zu haben. Die Vegetationsgrenzen der Cerealien, des Weins und der Datteln scheinen seit der historischen Zeit keine wesentliche Veränderung erlitten zu haben. Sind also wirklich merkliche Veränderungen der Bodentemperatur in unseren Zeiten eingetreten, so müssen diese ausschließlich den höheren Breitegraden angehören.

So wie also Alles in der Welt im Werden begriffen ist, so macht auch unsere Erde von diesem Naturgesetze keine Ausnahme.

Bildung der Erdkrume aus dem festen Gestein, oder

Nach Aufstellung dieser übersichtlichen Darstellung der Entstehung der festen Erdrinde wenden wir uns zur speciellen Betrachtung der Bildung der Erdkrume aus dem festen Gesteine.

Verwitterung der Gebirgsarten

Die feste felsige Unterlage des Bodens wird vermittelst Aufhebung ihres Zusammenhanges durch die Einflüsse der Schwerkraft, der atmosphärischen Luft und des Wassers in jenen lockeren pulverigen Zustand versetzt, in welchem wir den Boden mit „Erdkrume“ bezeichnen. Die Gesammtwirkung dieser Einflüsse auf die verschiedenen Gebirgsarten heißt ihre **Verwitterung.**

Die Schwerkraft veranlaßt Einsenkungen und Spaltungen der Felsen, die ihres Theils wieder fernere Zertrümmerungen herbeiführen durch Bergstürze und Herabfallen einzelner Massen.

Die atmosphärische Luft wirkt mechanisch und chemisch auf die Gebirgsarten ein.

Mechanisch wirkt sie bei Stürmen durch Zertrümmerung fester Massen und Umstürzen derselben, so wie durch Entführung des Sandes und anderer pulverförmiger Bodentheile, wie Straßenstaub, Rußtheile von Brennmaterialien, die aus dem Seewasser emporgerissenen Salztheile, Blütenstaub der Kiefer (sogenannter Schwefelregen) und anderer Bäume.

Der Sauerstoff der Luft wirkt vorzugsweise auf den Gehalt der Gesteine an Metallen, er verwandelt namentlich das in vielen Felsarten, wie Basalt, Thonschiefer enthaltene Eisenoxydul in Eisenoxyd, wodurch der Zusammenhang des Gesteins aufgehoben wird, wie denn auch krystallisirte Eisenoxydulsalze durch Oxydation zu Pulver zerfallen.

Die Kohlensäure der Luft entführt den Gebirgsarten ihren Gehalt an kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia durch Auflösung derselben als doppeltkohlensauren Verbindungen. Selbst Silicate vermag — was bei kürzerer Einwirkung selbst die stärksten Säuren nicht thun — bei längerer Einwirkung die Kohlensäure auf nassem Wege zu zerlegen[1]). Heißes Wasser zeigt diese auflösende Wirkung auch ohne Kohlensäure. Lavoisier beobachtete, daß ein Theil des Glases und Porzellans vom Wasser, welches man darin kocht, aufgelöst wird, indem das Gefäß gerade so viel an Gewicht abnimmt, als das verdampfte Wasser an Rückstand hinterläßt. Man sieht diese Auflösung des Glases beim Erblinden der Fensterscheiben, namentlich unter Mitwirkung von Kohlensäure, wie an Mistbeeten, Ställen, Leichensälen 2c. Die Alkalien, der Kalk und die Magnesia werden entweder allein, oder die ersteren in Verbindung mit Kieselerde aufgelöst, während Thonerde gemengt, oder verbunden mit Kieselerde zurückbleibt. Ebelmen stellte vergleichende Versuche über die Veränderungen an, welche Silicate durch Verwitterung erleiden, und erhielt folgende Resultate:

---

1) Polstorf und Wiegmann kochten weißen Sand mit Königswasser aus, welches nichts daraus auflöste, und setzten ihn nach sorgfältigem Auswaschen mit Wasser der Einwirkung von mit Kohlensäure gesättigtem Wasser 30 Tage lang aus, wonach das Wasser kiesel- und kohlensaures Kali, Kalk und Talkerde gelöst enthielt.

Rhodonit von Algier.

a) Unveränderter Theil.		b) Veränderter Theil.	
Kieselsäure	45,49	Wasser	10,14
Manganoxydul	39,46	Sauerstoff	8,94
Eisenoxydul	6,42	Manganoxydul	43,00
Kalk	4,66	Eisenoxyd	6,60
Magnesia	2,60	Kalk	1,32
	98,63	Kieselsäure	2,40
		Unveränderter Theil	27,20
			99,60

Die Verwitterung hat demnach die Menge der Kieselsäure, des Kalks und der Magnesia abgeändert, während sie Eisen- und Manganoxydul in Oxydhydrate verwandelte.

Rhodonit von Saint-Marcel.

a) Unveränderter Theil.		b) Veränderter Theil.	
Kieselsäure	46,37	Manganoxydul	44,71
Manganoxydul	47,38	Sauerstoff	4,44
Kalk	5,48	Kalk	0,90
	99,23	Wasser	1,10
		Kieselsäurehydrat	8,00
		Unveränderter Theil	41,47
			100,62

Die Kieselsäure des veränderten Theiles rührt zum Theil davon her, daß der noch dabei vorhandene unveränderte Theil von Salzsäure etwas angegriffen wird. Kieselsäure und Kalk verschwinden bei der Verwitterung dieses Minerals fast gänzlich und das Manganoxydul verwandelt sich in wasserfreies Manganoxyd.

Bustamit von Mexico.

a) Unveränderter Theil.		b) Veränderter Theil.	
Kieselsäure	44,45	Manganoxydul	55,19
Manganoxydul	26,96	Sauerstoff	10,98
Eisenoxydul	1,15	Wasser	10,68
Kalk	14,43	Eisenoxyd	1,56
Magnesia	0,64	Kohlensaurer Kalk	14,03
Kohlensaurer Kalk	12,27	Kieselsäure und Quarz	8,53
	99,90		100,97

Die übrigen Analysen von Ebelmen vgl. S. 528.

Diese fortschreitende Zersetzung der Gesteine hört jedoch selbst bei ihrem vollständigen Zerfallen noch nicht auf. Nach Stöckhardt wurden von 1000 Loth frischem Lehm aus der Grube durch reines Wasser und verdünnte Salzsäure nur 2⅕ Loth aufgelöst. Derselbe Lehm, etwa 50 Jahre lang in einer Lehmwand der Luft ausgesetzt, gab an beide Lösungsmittel 15⅝ Loth, und 100 Jahre alter 34¾ Loth Lösbares ab [1]).

1) Vgl. Landwirthschaftl. Zeitschrift f. d. Königreich Sachsen. II. Jahrg. 1. Heft.

Das **Wasser** wirkt mechanisch vorzugsweise durch seine Ausdehnung beim Gefrieren. Es durchdringt, namentlich auf den von Bodenkrume entblößten Bergspitzen, die Felsmassen und zerklüftet sie beim Gefrieren in kleine Fragmente, welche die Bewegungen der Gletscher oder ihre gegenseitige durch die Bewegung des Wassers herbeigeführte Reibung abrunden, oder zu Staub zermalmen, während Gebirgswässer diesen Staub den Thälern und Ebenen als fruchtbare Erde zuführen, oder er, wo er hängen bleibt, Flechten und Moosen schon einen genügenden Boden abgibt, durch deren Verwesung und völlige Zerklüftung des Gesteins durch ihre Wurzeln ein für höhere Pflanzen tauglicher Boden entsteht, so daß endlich Gesträuche und Bäume Haltung und Nahrung finden. Das Wasser bewegt ferner durch seine Ausdehnung beim Gefrieren Steine und oft die größten Felsen von der Stelle. Oft werden ins Eis eingefrorne bedeutende Steinmassen vom Wasser große Strecken weit fortgetragen.

Chemisch wirkt das Wasser, wie schon angegeben, durch Ausziehen löslicher Theile, wodurch auch der Zusammenhang der unlöslichen aufgehoben wird, durch Bildung von Hydraten und Unterstützung der Oxydation und gegenseitigen chemischen Einwirkung der Gemengtheile.[1])

Daß diese von der Natur ausgeführten chemischen Zersetzungen lange der Beobachtung entgingen, rührt von der Langsamkeit her, mit welcher dieselben von Statten gehen, wie sich aus einer von Becquerel angestellten Berechnung über die Verwitterung des Granits ergibt.[2]).

Die Kathedrale der Stadt Limoges ist 400 Jahre alt und aus Granit gebaut, der in der Nähe ansteht. Im Inneren ist am Stein kaum eine Spur von Verwitterung zu bemerken, aber außen an der Wetterseite ist sie mehr oder weniger bedeutend und beträgt im Mittel etwa 8 Millimeter (über $3\frac{1}{2}$ Linien). Im Steinbruch dagegen zeigt sich die Granitmasse 1 Meter 62 Millimeter (etwa 3 Fuß 3 Zoll tief) ausgewittert. Angenommen, der Gang der Zersetzung der Granitmasse sei der Zeit proportional, so hätte sie vor mehr als 50,000 Jahren ihren Anfang genommen. Allem nach aber ist die Granitwand Anfangs ungleich rascher verwittert, als später, wo die oberen überhängenden Theile die unteren schützten. Wäre demnach die Zersetzung in abnehmender Progression erfolgt, so käme noch eine höhere Zahl heraus.

Eintheilung des Bodens nach dem Orte seiner Entstehung oder Ablagerung.

Der in einer Reihe von Jahrhunderten gebildete Verwitterungsboden bleibt entweder auf der Stelle, wo er sich bildete, liegen und heißt dann **Gebirgsboden** oder **primärer Boden**, oder er wird durch seine eigene Schwere, durch Winde oder Regengüsse abwärts geführt, **Thalboden**, oder von Gebirgswässern auch dem Thale wieder entführt und oft erst in weiter Ferne von seinem Entstehungsort abgesetzt und heißt dann **Flußboden** oder **secundärer Boden**.

1) Vgl. auch die Abhandlung von Ebelmen über die Zersetzungsprodukte der mineralischen Gruppen der Silicate in Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 37. 1846. S. 257—267.

2) Aus einem Vortrage Desselben im französischen Institut im Jahre 1837.

Der **Gebirgsboden** ist gewöhnlich flachgründig, mit Steinbrocken gemengt und stimmt in seiner Zusammensetzung mit seiner Unterlage überein, diejenigen Bestandtheile ausgenommen, welche ihm durchs Wasser entzogen worden sind.

Gebirgsboden.

Der **Thalboden** hat eine ebene, wellenförmige oder sanft geneigte Oberfläche, er ist meist reich an Humus, doch wegen Mangel an Abfluß naß, um so weniger jedoch, je größer seine Ausdehnung ist, und er gehört dann zu den fruchtbarsten Bodenarten. Der Thalboden wird in der Regel um so fruchtbarer, je weiter er sich von den Gebirgen entfernt. Da die von denselben kommenden Gewässer die gröberen Theile, wie Steine und Kies ihrem Fuße zunächst ablagern, während sie die feinsten Theile am weitesten fortführen.

Thalboden.

Der **Flußniederungs**- oder **Flußboden** hat meist eine geringe Ausdehnung nach der Breite, aber eine desto größere nach der Länge, er ist gewöhnlich der Überschwemmung ausgesetzt, reich an Humus und kann oft durch Schutz gegen Überschwemmung von einer geringen Ertragsfähigkeit zur größten Fruchtbarkeit gesteigert werden. Der Flußboden nimmt aus derselben Ursache wie der Thalboden mit seiner Entfernung vom Gebirge an Fruchtbarkeit zu. Die Fruchtbarkeit desselben muß endlich auch von der Zusammensetzung der Gebirge abhängen, aus welchen ihn die Gewässer herbeiführen [1]).

Flußboden.

Der **Sumpfboden** von stehenden oder sich langsam bewegenden Gewässern aufgenommen und von den daraus abgesetzten Massen hat größere Breiten-, oder geringere Längendimensionen, als der Flußniederungsboden, und wie die ruhige Wasserfläche selbst, aus welcher er entstanden ist, eine sehr ebene Oberfläche. Nur die darin vorhanden gewesenen Inseln, oder die Hochmoore, welche durch rasche Torfbildung aufsteigen, unterbrechen diese stellenweise mit geringen Erhebungen. Er liegt längs der Ufer von Flüssen, welche in der Ebene entspringen, wenig Gefäll und darum flache Ufer haben, oft in großer Ausdehnung, besonders gegen die Mündung der Flüsse hin, wo der Abfluß des Flußwassers häufig durch den hohen Stand des Seewassers verhindert wurde. Er entsteht durch die Niederschläge von abgestorbenen Wasserpflanzen und Sumpfgewächsen in ruhigem Wasser, wodurch sich natürlich eine ganz gleichmäßige horizontale Fläche bildet. In jedem stehenden seichten Wasser erzeugen sich Wasserpflanzen, welche theils im Wasser schwimmen, theils im Boden wurzeln. Diese Gewächse, fast ganz von Wasser bedeckt, bilden bei ihrer unter beschränktem Luftzutritt erfolgenden Zersetzung den Torf. Das Wasser überzieht sich mit einer schwimmenden Pflanzendecke von ineinander verfilzten Wurzeln, woraus die sogenannten **Fenne** entstehen. Diese läßt von Zeit zu Zeit Theile niederfallen und füllt dadurch das Wasser aus. Sie wird durch die von der Vegetation fortwährend abgelagerten Pflanzenreste zuletzt stark genug, um flach wurzelnde Hölzer, Weiden, Birken, Kiefern, Fichten zu

Sumpfboden.

1) Vgl. Rust über die Ursache der Fruchtbarkeit des Alluvial- oder angeschwemmten Bodens, in Beyer's Archiv der deutschen Landwirthschaft. Jahrg. 55. 1846. S. 260–276.

tragen. Wenn dieselben Anfangs auch nur dürftig vegetiren, so füllt doch der von ihnen gelieferte Humus bald das Wasser so weit aus, daß Gewächse den festen Grund erreichen. Gräser, welche ihre Wurzeln bis in den Bodenschlamm senken, besonders Carex striata siedeln sich an und bilden zuletzt einen ziemlich ausgedehnten Grasstock (Bülte, Kaupe), welcher sich jährlich durch neue Seitenausschläge erweitert und durch die in der Mitte absterbenden Grastheile ein Keimbett für edlere Pflanzen bildet.

Er enthält gewöhnlich Säuren und unvollkommenen Humus, gar keine Steine an der Oberfläche, dagegen oft Überreste von Süßwassermuscheln. Seine Fruchtbarkeit ist verschieden. Besteht der Untergrund aus Lehm, so gibt dieser durch Mengung mit dem Humus bei der Bearbeitung einen besseren Boden, als wenn ersterer aus Sand besteht. Ist der Boden aus Pflanzen entstanden, welche einen unvollkommenen Humus bilden, wie Ledum palustre, Erica tetralix, so ist er der Vegetation weniger günstig, als wenn ihn Equisetum, Grasarten und andere Wasserpflanzen erzeugten, deren Faser sich schneller zersetzt.

Der Sumpfboden kann einen sehr verschiedenen Grad von Nässe besitzen, und auch in dieser Beziehung ein sehr abweichendes Verhalten zur Holzvegetation zeigen. Man theilt ihn danach ein in

1) Lehmsumpfboden oder Marschboden,
2) Reiner Moorboden,
3) Moorboden mit Raseneisenstein,
4) Eigentlicher Torfboden, und zwar
   a) Moostorfboden,
   b) Sumpftorfboden mit Torfgrund von erdiger Beschaffenheit,
5) Seebrücher oder Seesumpfboden,
6) Fenne.

Lehmsumpf- oder Marschboden.

1) Der **Lehmsumpfboden**, Marschboden oder Lehmbruch ist am häufigsten an den Ufern schlammführender Flüsse. Der thonige Niederschlag verbindet sich mit den Überresten der Sumpfvegetation und erhöht den Boden allmälig so, daß er auch für andere Pflanzen, als Sumpfgewächse zugängig wird. Er neutralisirt oft durch beträchtlichen Kalkgehalt die Säuren, und wird dadurch reich an mildem Humus. Diesem Lehmbruche steht schon derjenige an Fruchtbarkeit nach, welcher sich in Einsenkungen des Lehmbodens durch Wasseransammlung bildet und eine Versumpfung erzeugt, weil sich unter Wasser kein milder Humus bildet, und keine neutralisirenden Stoffe herbeigeführt werden, sondern Moor und Torf mit Säure. Er wird jedoch durch Entwässerung und Bearbeitung für Holzzucht und Landbau geeignet, was nicht immer bei den übrigen Arten des Sumpfbodens der Fall ist.

Ägypten verdankt bekanntlich seine Fruchtbarkeit dem Schlamme, welcher sich beim Austritte des Nils mit der oberen Schichte des sandigen Bodens vermengt. Nach Lassaigne's Untersuchung besteht derselbe aus einem fetten, feinkörnigen, eisenhaltigen Thon, dessen Fruchtbarkeit auf einer günstigen Mischung aus Sand, Thon, Kalk und Humus zu beruhen scheint.

2) Der **Moorboden** entsteht, wenn Flüsse, welche keinen Schlamm führen, sandige Ufer überschwemmen, in Einsenkungen mit nicht durchlassendem Untergrund, wo der Abfluß fehlt, oder Quellen aus dem Untergrund heraufdringen. Auf solchem Boden wachsen Riedgräser, Rohr und Schilf, Weiden, Erlen, verkümmerte Birken und Ebereschen, deren abgestorbene Überreste die Moorerde erzeugen, welche dem **Moorbruche** seinen Namen gibt und seinen Hauptbestandtheil ausmacht. Sie bildet weder im nassen Zustande eine taugliche Pflanzennahrung wegen unvollständiger Zersetzung, noch im trockenen, weil sie in diesem Falle zu sehr austrocknet und die sogenannte Stauberde bildet. In diese dringen niedergefallene Wassertropfen wegen der großen Menge absorbirter Luft nicht leicht ein, sondern bleiben darauf liegen, ohne sie zu netzen, bis sie verdunsten, oder fließen ab. Solcher Boden muß daher immer nur zum Theil entwässert werden. Auch dem tiefen Auffrieren ist der Moorboden unterworfen.

Moorboden.

Der Moorboden ist übrigens auch verschieden in seiner Beschaffenheit. Ein Untergrund von reinem Quarzsand macht ihn dem Holzwuchse stets sehr ungünstig; er erzeugt dabei nur schlechtwüchsige Erlen, Salix aquatica, Ebereschen und Birken, trocken gelegt nur frühzeitig absterbende Birken und sehr schwierig mittelmäßige Kiefern. Besser ist ein Untergrund von Lehm, besonders wenn er sehr kalkhaltig ist, wo er dann Eschen und Ulmen zuläßt. Am allerungünstigsten ist ein Untergrund von Torf, wo dann den Pflanzen auch selbst die unentbehrliche Kieselerde fehlt. Ist dabei der Boden, wie gewöhnlich, sehr naß, so fehlt den Holzpflanzen der nöthige Halt, die tiefgehenden Wurzeln sind von allem Luftzutritte ausgeschlossen und das Wasser entführt ihm alle löslichen humussauren Salze.

3) Auch ein Gehalt von Eisen- und Manganoxydul macht den Moorboden unfruchtbar; die Pflanzen leiden am Wurzelrost, dem die Schwarzpappel noch am besten widersteht.

Immer aber gehört der eigentliche Moorboden zu den armen Bodenklassen.

4) Der **Torfboden** kann ebenfalls von sehr verschiedener Beschaffenheit sein, und bald einen besseren, bald einen schlechteren Holzboden abgeben.

Torfboden.

a) Einen sehr schlechten liefern fast immer die Torfbrücher im Gebirge. Sie entstehen gewöhnlich aus Torfmoosen, da sich diese in der feuchten Atmosphäre höherer Berge am leichtesten erzeugen. Sie bedecken sich bald mit hohen Schichten Moostorf, worin die Pflanzenfaser noch nicht zerstört ist, welches sich wie ein Schwamm mit Wasser ansaugt und den Pflanzen keine Nahrung bieten kann. Bildet sich auch in den tieferen Schichten allmälig Torferde, so liegt diese meist in solcher Mächtigkeit über dem Gesteine, daß sie aller mineralischen Bestandtheile entbehrt und daher keinen löslichen Humus enthält.

Der Boden erzeugt nur kümmerlich wachsende Kiefern, Fichten oder Birken nebst nutzlosen Sträuchern und Erdhölzern. Eine Entwässerung verbessert den Boden allmälig durch Einleitung eines regelmäßigen Fäulnißprozesses der Moose. Die Erzeugung der Wassermoose, welche die Feuch-

tigkeit stark aus der Atmosphäre aufsaugen und festhalten, muß durch Bedeckung des Bodens mit Holz beseitigt werden. Dies ist natürlich nur für jene Fälle zulässig, wenn solche Moosbrücher keine Wasserbehälter für Quellen bilden, welche zum Betriebe von Bergwerken, Fabriken und Mühlen unentbehrlich sind.

Wenn die Wiesenmoore dadurch über Sümpfen von stehenden Wässern entstehen, daß sich aus diesen erst ein Fenn mit einer Moosdecke erzeugt und der Grund sich immer mehr mit den abgestorbenen Pflanzentheilen füllt, so gleicht ihr Holzwuchs ebenfalls dem der Gebirge.

b) Bestehen dagegen die Torfgewächse mehr aus Equiseten, Juncus, Carex, Scirpus ꝛc., so lösen sich diese gewöhnlich mehr in wirkliche Torferde auf, worin sich die Pflanzen noch eher erhalten können, als in unzerstörter Pflanzenfaser. Zugleich ist auch gewöhnlich ihre Oberfläche trockener, als die der Moorbrücher, enthalten auch deshalb, und weil sie immer etwas mineralische Bestandtheile, namentlich Mergel enthalten, mehr vollkommenen Humus, und erzeugen einen mittelmäßigen Holzboden.

Die nassen Wiesenmoore gestatten einen nur sehr mittelmäßigen Wuchs der Schwarzerle. Wasserweiden und Birken gedeihen schlecht. Die ganz trocken gelegten geben einen mittelmäßigen Boden für Kiefern und Birken. Der Torfstich gewährt bei guter mineralischer Beschaffenheit des Untergrundes den doppelten Gewinn der Torfbenutzung und Bodenverbesserung.

Seebrücher. 5) Die **Seebrücher** entwickeln, so lange sie noch vom Salzwasser überströmt werden, eine nur sehr dürftige Vegetation. Bei großer Nässe enthalten sie in der Regel nur einen schlechten Moostorf. Mit ihrer Ausfüllung und Entwässerung liefern sie eine treffliche Vegetation; selbst eine Ausfüllung mit bloßem Dünensande vermag sie in schöne Wiesen zu verwandeln.

Fenne. 6) Die **Fenne** sind nicht mehr zum Holzboden zu rechnen. Bringen sie auch eine dürftige Vegetation von Erlen, Birken und Kiefern, so sterben diese doch gewöhnlich schon früher wieder ab, als sie die Stärke eines nutzbaren Holzes erreicht haben. Über die Entstehung dieser schwimmenden Pflanzendecke „Fenn" wurde bereits S. 517 u. 518 das Nöthige gesagt. Es versteht sich, daß dieselbe keinen günstigen Standort für Holzpflanzen geben kann, doch kann sie es werden durch allmälige Ausfüllung und Verdrängung des Wassers durch niederfallende Pflanzentheile.

Quelliger Boden. Der **quellige Boden** ist zwar als solcher nicht zum Sumpfboden gehörig, doch verwandelt er sich leicht in denselben und schließt sich insofern an denselben an. Er entsteht am Fuße von Anhöhen, wenn das herabfließende Wasser keinen Abzug hat, ist aber auch von denselben entfernt und in sehr geringen Einsenkungen.

Meeresboden. Der **Meeresboden**, oder der Grund ehemaliger größerer Gewässer hat bald eine wellenförmige, bald ebene Oberfläche mit einzelnen Hügeln von 5 bis 600 Fuß. In seinem Grunde finden sich stets vom Wasser abgerundete Steinbrocken, zuweilen in großen Massen auf einander gehäuft. Auf denselben hat sich der Kies und über diesem Sand und Lehm abgelagert. Der Lehm, welcher sich zuletzt abgesetzt hat, nimmt gewöhnlich die

Höhenzüge an, während der Sand in der Regel die eingesenkten Ebenen bedeckt. Diese losen Massen sind so mächtig, daß man sie auch bei 200 Fuß Tiefe noch nicht hat durchbohren können.

Man unterscheidet den Meeresboden der älteren Bildung, oder das **Diluvium** und den neueren, oder das **Alluvium**, allein es ist hier keine strenge Scheidung möglich. Der Meeresboden trat offenbar nicht als eine wagerechte Fläche aus dem bewegten Meere hervor, wie es der Boden des Meeres jetzt noch zeigt, sondern als eine hügelige, wellenförmige Fläche, deren Vertiefungen später oft durch Wasser und Wind ausgefüllt wurden, daher das häufige Auftauchen von Lehminseln in dem Sandmeere. Ebenso liegt derselbe häufig unter einer übergewehten Sandschicht. So wechselt das Diluvium mit dem Alluvium, und es ist oft schwer, beide von einander zu unterscheiden, da die Überreste der Salzwasserbewohner, die nur dem Diluvium eigenthümlich sind, nicht immer gleich aufzufinden und zu erkennen sind.

Doch sind beide zuweilen in größeren Partien gesondert, wo sich dann das Diluvium vor dem Alluvium durch größere Fruchtbarkeit auszeichnet. Im Diluvium bilden die Hügel keine zusammenhängenden Rücken, wie im Alluvium, sondern mehr unregelmäßig zerstreute, oft ziemlich bedeutende Erhebungen, welche stets mit Wanderblöcken bedeckt sind. Letztere fehlen, wenigstens in bedeutender Größe, dem Alluvialboden an der Oberfläche.

Im Diluvialboden haben sich die Bodenbestandtheile nach dem Gesetze der Schwere niedergeschlagen, die leichten, der Thon und Lehm liegen oben. Daher ist in diesem Boden auch stets der Lehm vorherrschend und dieser auch fruchtbarer als der Alluviallehm, schon weil er reicher an Kalk ist. Je neuer die Bodenbildung ist, um so ärmer ist ihre Vegetation. Er ist dann ein Produkt des Windes, welcher den beweglichen Sand aufhäufte.

Anders verhalten sich allerdings die **Dünen**, welche sich an der Seeküste erst in der neuesten Zeit gebildet haben. Sie haben vermöge ihres starken Gehaltes an Kalk und auch wohl Salzen, so wie wegen des flachen Wasserspiegels und der Haarröhrchenkraft des Bodens, zum Theil auch wegen der feuchten Seeluft eine eigenthümliche Vegetation.

Der Meeresboden nimmt einen großen Theil von Mitteleuropa ein, er beginnt in Belgien, an der Nordsee und wird nahezu durch die Schelde, Maas, die rheinischen und westphälischen Gebirge, den Harz mit seinen Ausläufen bis an die Elbe abgegrenzt. Er zieht dann durch die Lausitz, Niederschlesien gegen die Karpathen hin bis an die Höhenzüge des Urals in Rußland. Es gehört ihm sonach ein kleiner Theil des nordwestlichen, ein größerer des nordöstlichen Deutschlands, ganz Ost- und Westpreußen und der größte Theil von Polen und dem europäischen Rußland an.

Petrographie.

Die meisten Gebirgsarten, welche die Unterlage des Bodens bilden, sind Gemenge aus einfachen (homogenen) Gesteinen von verschiedener chemischer Zusammensetzung. Diese Gemengtheile stehen zu einander in wechselnden Verhältnissen. So ist im Granit einmal der Feldspath, das

andere Mal der Quarz vorherrschend. Die Bestandtheile des Bodens sind demnach auch nach dem Mengungsverhältnisse der Gebirgsart verschieden. Ein genaueres Urtheil über eine Bodenart läßt sich daher nur fällen nach der Anschauung oder Untersuchung der Unterlage.

Chemische Zusammensetzung der Gemengtheile der Gebirgsarten.

Die Bestandtheile der gewöhnlichen einfachen Gemengtheile der Gebirgsarten sind folgende:

Quarz ist reine, oder fast reine Kieselerde.

Kalkspath reine, oder mit wenig Eisenoxyd verunreinigte Kalkerde

Gyps ist wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk, $\dot{Ca}\dddot{S} + 2\dot{H}$.

Der gemeine oder Kalifeldspath oder Orthoklas besteht aus 66 Theilen Kieselerde, 17 Theilen Thonerde und 17 Theilen Kali, $\dot{K}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si}_3$, der Natronfeldspath oder Albit aus 69 Kieselerde, 19 Thonerde und 12 Natron $\dot{Na}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si}_3$, der Kalkfeldspath oder Labrador aus 54 Kieselerde, 30 Thonerde, 12 Kalkerde und 4 Natron, $\dot{Na}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si} + 3(\dot{Ca}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si})$[1]).

Der Talk, der Hauptsache nach kieselsaure Talkerde, enthält 62 Th. Kieselerde, 1,5 Thonerde, 27 Talk- oder Bittererde, 3,5 Eisenoxyd und 6 Wasser, nach Berthier $\dot{Mg}_3\dddot{Si}_2$, nach Kobell $\dot{Mg}_6\dddot{Si}_5$.

Der Augit ist eine Verbindung von Kalksilicat mit Talkerdesilicat und besteht aus 54 Th. Kieselerde, 24 Kalkerde, 12 Talkerde und 1—15 Eisenoxydul $\dot{R}_3\dddot{Si}$[2]).

Die Hornblende ist ebenfalls ein Kalk-Talkerdesilicat, aber mit gewöhnlich sehr wechselndem Thonerde- und Eisenoxydulgehalte, ersterer von 0,5 bis 26, letzterer von 0,5 bis 20. Die thonerdefreie Hornblende ist $\dot{Ca}\dddot{Si} + \dot{Mg}_3\dddot{Si}_2$ (Tremolit, Grammatit, Strahlstein) oder $\dot{Fe}\dddot{Si} + \dot{Mg}_3\dddot{Si}_2$ (Anthophyllit).

Der Glimmer ist ein eisen- und kalihaltiges Thonerdesilicat und enthält 46 Th. Kieselerde, 37 Thonerde, 9 Kali, 4,5 Eisenoxyd, das Übrige Flußsäure und Wasser. Der zweiaxige Glimmer ist $\dot{K}\dddot{Si} + 4\left.\begin{matrix}\dddot{Al}\\ \dddot{Fe}\end{matrix}\right\}\dddot{Si}$,

der einaxige $\left.\begin{matrix}\dot{K}_3\\ \dot{Mg}_3\\ \dot{Fe}_3\end{matrix}\right\}\dddot{Si} + \left.\begin{matrix}\dddot{Al}\\ \dddot{Fe}\end{matrix}\right\}\dddot{Si}$.

Der Braunspath oder Dolomit ist Kalk-Bittererdecarbonat, $\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Mg}\ddot{C}$ und besteht aus 54 Th. kohlensaurem Kalk und 46 kohlensaurer Talkerde[3]).

---

1) Das alkalireichste Silicat, was man bis jetzt kennt, ist der von Breithaupt 1846 entdeckte Pollux, welcher sich in den Drusen des Granits der Insel Elba findet, $= 3\dot{K}\dddot{Si} + 3\dot{Na}\dddot{Si} + 3\dddot{Al}\dddot{Si} + 2\dot{H}$.

2) R bedeutet Radical (Kalk- und Talkerde, Eisen- und Manganoxydul).

3) Kalk- und Talkerde sind aber auch oft in andern Verhältnissen verbunden, vgl. Hartmann's Handbuch der Mineralogie. Weimar 1843. II. S. 167 u. 168.

Die Kieselerde ist demnach vorherrschend im Quarz, Feldspath und Talk, macht nahe die Hälfte aus im Augit, in der Hornblende und im Glimmer.

Die Thonerde ist in größter Menge enthalten im Glimmer, nach ihm im Feldspath, in geringer Menge in der Hornblende, den übrigen einfachen Gesteinen fehlt sie ganz.

Die Kalkerde bildet allein den Kalkspath und Gyps, ist vorherrschend im Dolomit, untergeordnet im Augit und in der Hornblende.

Die Talkerde enthält in größter Menge der Dolomit, nächst ihm der Talk, die Hornblende und der Augit.

Kali enthält am meisten der Feldspath, weniger der Glimmer.

Eisen kommt am reichlichsten vor in der Hornblende, nach ihr im Augit, weniger im Glimmer und Talk.

Da die Fossilien, woraus eine Gebirgsart zusammengesetzt ist, durch Verwitterung einzelne Bestandtheile, wie Kalk, Talkerde, Kali, Eisen verloren haben können, so ergibt die Kenntniß dieser Gemengtheile nicht immer die Zusammensetzung des Bodens mit voller Sicherheit, noch weniger aber die Fruchtbarkeit desselben, weil diese außerdem noch von der Form und Zersetzung der Bestandtheile abhängt. Derselbe Kieselgehalt eines Bodens, welcher in Verbindung mit Thonerde als Thon einen festen bindenden Boden bildet, gibt eine bedeutende Lockerheit, wenn er in Körnern als Sand vorhanden ist. Es läßt sich daher keine Classification der Gebirgsarten nach der Güte des Bodens aufstellen, welcher daraus entsteht. Doch kann man aus der Gebirgsart, welche die Unterlage eines Bodens bildet, wenigstens im Allgemeinen einen Schluß auf die Güte des Bodens ziehen, und es ließ sich nach der in Deutschland am häufigsten auftretenden Natur der Gesteine in dieser Beziehung etwa Folgendes aufstellen:

1) Gesteine mit Feldspath, Quarz und Glimmer als Hauptbestandtheilen.

Granit.

Der **Granit** findet sich in den deutschen Gebirgen, mit Ausnahme der schlesischen und etwa des Erzgebirges, nur selten in großer Ausdehnung. Doch sind die Wanderblöcke im Meeresboden des nördlichen und nordöstlichen Deutschlands vorzüglich Granit oder granitähnliche Gesteine, da die Gebirge Skandinaviens, woher dieselben wahrscheinlich stammen, größtentheils Granitmasse enthalten. Er besteht der Hauptsache nach aus Feldspath, Quarz und Glimmer. Bei dem des Schwarzwaldes bildet der Glimmer oft $^5/_6$ der ganzen Masse, während er sonst den kleinsten Bestandtheil bildet. Der Granit der Wanderblöcke ist verschieden, gewöhnlich aber reich an Feldspath. Er bildet Übergänge in Gneis, Glimmerschiefer, Syenit und Diorit.

Er verwittert langsam, und zwar um so langsamer, je mehr er Quarz enthält. Außerdem hat auch die Schichtung und die Ausfüllung gangartiger Räume einen wesentlichen Einfluß auf seine Zerstörung. Er verwittert nur langsam, wenn er in großen compacten Massen vorkommt, leichter, wenn er in mehr oder minder deutliche Säulen oder Blöcke zerklüftet

ist. Die meisten Granite liefern einen Boden, welcher aus gleichen Theilen Thonerde und Kieselerde mit 5 bis 10 Procent Eisenoxyd und 2 bis 6 Procent Kali besteht. Der geringe Talk-, aber auch der Kaligehalt verschwindet oft durch Auslaugung. Der meist bindende Boden ist im Allgemeinen seicht. Der leicht zerstörbare grobkörnige feldspath- und eisenreiche Granit kann einen vortrefflichen Boden für Buchen, Ahorne und Weißtannen liefern, der oft selbst tiefgründig genug für die Eiche ist und trotz seiner Frischheit keine Versumpfungen erzeugt, weil das Wasser in die Felsenspalten eindringen kann. Der feinkörnige, quarzreiche Granit hingegen mit kaum erkennbaren Feldspathkrystallen und Glimmerblättchen auf den spitzen Kuppen, Riffen und Nadeln liefert gewöhnlich durch Verwitterung nichts, als eine schwache Schicht Quarzkörner, denen der Regen alle nährenden Bestandtheile entführt hat, so daß darauf nur Heide und Vaccinien kümmerlich vegetiren. Dabei ist er an trockenen Süd- und Ostseiten auch der dürreste Boden, den man sich denken kann. Wasseransammlungen in Einsenkungen bilden schnell tiefe Lager von Moostorf. Die Granitgebirge gehören immer zu den quellenreichen.

Der schwerzerstörbare Granit eignet sich im Allgemeinen nur für flachwurzelnde Holzgattungen, besonders für Fichten, Espen, Hainbuchen und an feuchten Stellen für Schwarzerlen. Die Birke gedeiht darauf selten, noch weniger die Buche und die Eiche höchstens als Niederwald. Die feuchten Felsenspalten, worin sich Humus ansammelt, liefern häufig gutwüchsige Erlen. Flachwurzelnde Sträucher, wie Loniceren und Sambucus, kommen hier gut fort.

Der leichtzerstörbare Granit, welcher weniger Quarz und mehr Feldspath und Glimmer enthält, liefert einen tiefgründigen, sehr kräftigen und frischen Boden, welcher allen Holzarten entspricht, die einer großen Bodenkraft bedürfen.

Im Allgemeinen ist der Granitboden wenig bindend. Der feldspathreiche indessen ist frisch und dabei warmgründig und mit vielen Quarzstücken und kleinen Steinen gemengt, welche durch ihre fortgesetzte Verwitterung dem Pflanzenwuchse eine dauernde Nahrungsquelle sichern. Am raschesten und vollständigsten verwittern die eisenschüssigen Stücke. Der kräftige, tiefgründige Granitboden erzeugt eine Menge üppig wuchernder Unkräuter, der arme, trockene und flache bedeckt sich gewöhnlich mit Heide und Vaccinien.

Manche Granite, namentlich grobkörnige, besitzen einen geringeren Zusammenhang ihrer Gemengtheile und zerfallen zu Grus ohne eigentliche Zersetzung ihrer Bestandtheile. Es entsteht dadurch ein sehr unfruchtbarer Boden, indem auch die durch Verwitterung entstehende Erdkrume in die Geröllschicht hinabgeschwemmt wird. Die Saaten werden bei solchem Boden auf stellenweise aufgetragene Bodenkrume gemacht. Erreichen die Pflanzen einmal die Bodenkrume auf dem Grunde der Geröllschicht, so gedeihen sie vollkommen. Bei starkem Feldspathgehalt bildet der zusammengeschwemmte bindende Thonboden leicht eine den Wasserdurchgang hindernde Schicht, wodurch in feuchten Klimaten leicht Versumpfungen entstehen.

Porphyr. Die **Porphyre**, obgleich von sehr manchfaltiger Beschaffenheit, reihen sich doch im Allgemeinen in Beziehung zur Bodenbildung der Granitgruppe an. Nur muß man sie unter zwei große Abtheilungen bringen: 1) schwer zerstörbare, in denen der Quarz vorherrscht, welche daher der Forstmann mit „Quarzporphyre" bezeichnen kann, obgleich sie bisweilen wie der des Auerbergs bei Stolberg eigentlich Thonporphyre sind, allein in ihrer Grundmasse, einem Thonstein, waltet doch der Quarz vor. 2) Leicht zerstörbare, welche gewöhnlich mehr Feldspath enthalten und bei denen die Grundmasse des Thonsteins mehr von Eisenoxyd durchdrungen ist, was ihre Verwitterung begünstigt. Sie heißen gewöhnlich Thonporphyre, weil sie einen sehr thonhaltigen und gewöhnlich auch tiefgründigen Boden liefern.

Der aus dem Porphyr sich bildende Boden kann je nach den Mischungsverhältnissen dieses Gesteins flachgründig und arm sein, wie der Quarzporphyr bei Tharand, flachgründig, aber kräftig, wie der Porphyr am Auerberge, tiefgründig und kräftig, wie zum Theil im Walkenrieder Forste im südlichen Harzwalde und in mehreren Gegenden des Thüringer Waldes, wo er den bunten Sandstein durchbricht. Der bessere tiefgründige Porphyrboden erzeugt, vorzüglich auf den Mitternachtsseiten, in den Vorbergen die schönsten Ahorne und Eschen, in der Nadelholzregion die Weißtanne. Auch Buchen, Hainbuchen und Fichten gedeihen gut. Der flachgründige, aber kräftige Porphyrboden liefert gewöhnlich Buchen und Fichten, erstere jedoch nur kurzschäftig. Am wenigsten entspricht der Porphyrboden der Eiche. Der arme flachgründige bringt meist Fichten hervor. Kiefer und Birke gedeihen darauf nur dürftig.

In forstlicher Beziehung reiht sich selbst das Quarzgestein, der Urquarzfels und Quarzfels der Granitgruppe an. Doch liefern dieselben bei der größeren Gleichheit in ihrer Mischung einen Boden von weit bestimmterem Charakter. Der Quarz ist weit mehr frei von fremder Beimengung, der daraus sehr langsam hervorgehende Boden ist daher auch arm und flachgründig. Im milden Klima paßt er am besten für Eichen, Birken und Espenschlagholz, im höheren Gebirge besonders für die Fichte. Er ist gewöhnlich so zerklüftet, daß er das Wasser stark durchläßt und einen trockenen Boden bildet.

Gneis. Der **Gneis** besteht aus Schichten von Feldspath und Quarz zwischen Glimmerschichten eingeschlossen; der Feldspath ist meistens vorherrschend. Übergänge in Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer. Er verwittert, schon wegen des schieferigen Gefüges schneller als Granit. Bei vorwaltendem Feldspath stimmt der daraus entstehende Boden mit dem des feinkörnigen Granits überein und ist mitunter noch fruchtbarer, namentlich wegen der größeren Bodentiefe und der zerklüfteten Unterlage. Bei großem Glimmergehalt zerfällt der Gneis leicht, ohne daß dabei eine wirkliche Zersetzung eintritt, was den nämlichen Nachtheil für die Bodenbildung herbeiführt, wie beim losen, grobkörnigen Granit. Vom Granitboden unterscheidet sich der Gneisboden durch einen feinkörnigen Sand.

Glimmerschiefer. Der **Glimmerschiefer** besteht aus Glimmer und Quarz mit schieferigem, oft blätterigem Gefüge. Der Quarz herrscht gewöhnlich vor und

zwar im Verhältnisse von 3 zu 2. Übergänge in Gneis, Thonschiefer, Hornblendeschiefer. Er verwittert meist rascher als Granit und Gneis, und zwar um so schneller, je mehr er Glimmer enthält. Die Angaben über die Güte des daraus entstehenden Bodens sind so widersprechend, daß sich daraus nicht mehr entnehmen läßt, als daß er dem Granit- und Gneisboden zwar nachstehe, aber doch noch für edle Laubhölzer geeignet sei.

Grauwacke. Die **Grauwacke** besteht aus größeren und kleineren Stücken von Quarz, Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Gneis und Feldsteinporphyr, durch eine sehr quarzreiche Thonschiefermasse verbunden, theils von körnigem, theils von schieferigem Gefüge (Grauwackenschiefer). Die Verwitterung erfolgt, namentlich bei der quarzreichen körnigen Grauwacke langsam, schneller bei der mit vorherrschenden Trümmerstücken, am leichtesten beim Grauwackenschiefer. Der Grauwackeboden ist im Allgemeinen kräftig und entspricht den Holzgattungen, welche eine große Bodenkraft bedürfen, wenn er nicht zu flachgründig ist. Der Boden der Grauwacke bildet nicht wie der des Porphyrs steile Kuppen und hervorragende Berge, sondern mehr wellenförmige Ebenen mit sanften Abhängen. Nur die Thäler, meist Querthäler, haben oft sehr steile Wände. Obgleich ihr Boden frisch und ihr Gebirge nicht quellenarm ist, so ist sie doch wegen ihrer starken Zerklüftung nicht zu Versumpfungen geneigt. Auf flachgründigem Grauwackeboden und in höheren Gebirgen gedeihen Fichte und Lerche gut, auf tiefgründigem in angemessenem Klima die edleren Laubhölzer, wie Eiche, Buche, Ahorn, Ulme, Esche rc. Der Boden ist warmgründig und wenig bindend und selbst bei größerer Tiefe mit einer Menge kleiner zerbröckelter Gesteine gemischt. Wo die Grauwacke in Thonschiefer übergeht, liefert sie gewöhnlich einen vortrefflichen Laubholzboden. Für die Kiefer gibt er bei hinreichender Tiefe den besten Boden.

Thonschiefer. Der Grauwacke steht in forstlicher Beziehung der **Thonschiefer** sehr nahe. Er besteht im Wesentlichen wie Granit und Gneis aus Feldspath, Quarz und Glimmer, meist mit etwas wenig Talk. Diese Gemengtheile sind indessen so klein und innig gemengt, daß man sie mit bloßem Auge nicht mehr zu unterscheiden vermag. Die Verschiedenartigkeit seines Mischungsverhältnisses läßt kaum ein bestimmtes Urtheil über den aus ihm entstehenden Boden zu. Am ungünstigsten für die Vegetation ist er bei so stark vorwaltendem Quarz, daß er fast als Kieselschiefer erscheint. Der kohlenhaltige Dach- und Zeichenschiefer wird, namentlich wenn er viele Gesteinbrocken enthält, durch die Sonne sehr heiß und trocknet dann bei seiner geringen wasserbindenden Kraft leicht aus. Dagegen liefert der thonhaltige reine Thonschiefer oft einen, wenn auch bindenden, doch tiefgründigen und reichen Boden. Seine chemische Zersetzung erfolgt an und für sich zwar langsam, wird aber durch das in sein schieferiges Gefüge eindringende und ihn dann bei Frostkälte zerklüftende Wasser sehr befördert. Je mehr seine Schichtung horizontal ist, um so weniger kann das Wasser eindringen und um so unzugänglicher wird er für die Wurzeln, während bei senkrechten Spaltungsrichtungen die Wurzeln sich in große Tiefe hinab-

ziehen und die Zwischenräume mit Humus ausfüllen. Ungünstiger ist in dieser Beziehung eine Spaltungsrichtung, welche einen spitzen Winkel mit der geneigten Fläche des Berges bildet. Zu den Holzarten, welche so lange Wurzelfasern bilden, daß sie den Thonschiefer durchdringen können, gehört besonders die Hainbuche und Espe, auch wohl Linde und Buche, weniger die Birke und Eiche, von den Nadelhölzern vorzugsweise die Fichte, weniger die Kiefer; Lerche und Weißtanne aber gar nicht.

Der Boden des Thonschiefers zeigt keine Versumpfungen, weil die Spalten das Wasser aufnehmen, doch ist er nicht quellenarm, weil das Wasser nicht sehr tief sinkt. Der stark thonhaltige Thonschieferboden ist, weil er viel Wasser in sich aufnimmt, sehr zum Auffrieren geneigt.

Der ältere Sandstein oder das Todtliegende.

Der ältere Sandstein oder das **Todtliegende** besteht aus Quarz und Gesteintrümmern von Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Hornblende rc., verbunden durch eine theils thonige, eisenschüssige (rothes Todtliegendes), theils mergelige, kiesige (weißes Todtliegendes) Masse. Übergänge in Grauwacke, Feldstein, Porphyr und bunten Sandstein. Die Verwitterung erfolgt, besonders bei der Verbindung grober Trümmer durch eisenschüssige Thonmasse schnell, bei vorherrschendem, namentlich mergeligem Bindemittel sehr langsam. Der daraus entstehende Boden ist an und für sich schwer und bindend, wird aber durch eine beträchtliche Menge unzerstörter Gesteinstücke so weit aufgelockert, daß er zu einem der fruchtbarsten Bodenarten werden kann. Doch wechselt seine Güte oft auf sehr kleinen Flächen bedeutend. Er entspricht besonders den harten Laubhölzern; unter den Nadelhölzern am meisten der Fichte, sie läßt indeß bald im Wuchse nach und wird rothfaul. Birke und Kiefer sollen fast gar nicht darauf vorkommen. Einen weit geringeren Boden liefert das weiße Todtliegende, doch scheint derselbe der Weißtanne nicht ungünstig zu sein.

2) Gesteine mit Feldspath und Hornblende als Hauptbestandtheilen.

Syenit.

Der **Syenit** ist ein inniges Gemenge aus Feldspath und Hornblende, entweder mit vorwaltendem Feldspath, oder beide zu gleichen Theilen. Übergänge einerseits in Granit und Porphyr, andererseits in Grünstein und Hornblendegestein. Er verwittert langsamer als Granit und Gneis, der Feldspath verwittert zuerst, verwandelt sich in Kaolin. Er bildet einen fruchtbaren, sehr eisenschüssigen Lehmboden, worin sich die Thonerde zur Kieselerde wie 1 zu 2 verhält, mit einem Talkerdegehalt von 1 bis 10%, 5—6 Kali und ebensoviel Eisen. Dazu kommt ein 15% erreichender Kalkgehalt, besonders da, wo Syenit mit Urkalk wechselt, oder von diesem durchsetzt wird. Der Boden ist daher fruchtbar, aber meist flach und dem Granitboden an Güte nachstehend; er soll am meisten der Weißbuche zusagen.

Grünstein (Diorit).

Grünstein (Diorit) ist ein inniges Gemenge aus Hornblende und Feldspath, wovon erstere meist vorherrscht. Übergänge selten in Gneis. Verwittert so langsam wie Syenit, nur der sehr grobkörnige rascher. Der

Boden stimmt im Allgemeinen mit dem Syenitboden überein und unterscheidet sich davon nur durch einen etwas beträchtlicheren Thon- und geringeren Eisengehalt.

3) Gesteine mit Feldspath und Augit als Hauptbestandtheilen.

Basalt. Der **Basalt** ist ein inniges Gemenge aus Augit, Feldspath und Magneteisen. Übergänge in Dolerit, Wacke und Trachyt. Verwittert, namentlich der säulenförmige, sehr langsam und nur an der Oberfläche, rascher der körnige. Er bildet einen sehr fruchtbaren Boden, meist aus 40 — 50 Kieselerde, 14—16 Thonerde, 8 Kalkerde, wenig Talk, bis 20% Eisenoxyd und etwas Natron, welcher trotz des geringen Thongehalts doch verhältnißmäßig sehr bindend ist, vermöge der feinen Zertheilung der Kieselerde.

Ebelmen untersuchte mehrere Basalte im Vergleich mit schon theilweise verwitterten Antheilen derselben und erhielt folgende Resultate:

Basalt von Crouset (Haute-Loire).

a) Unveränderter Theil		b) Veränderter Theil	
Wasser	4,9	Wasser und organische Materie	16,9
Kieselsäure mit Spuren von Titan	46,1	Kieselsäure	36,1
Thonerde	13,2	Thonerde	30,5
Kalk	7,3	Kalk	8,9
Magnesia	7,0	Magnesia	0,6
Eisenoxydul	16,6	Eisenoxyd	4,3
Kali	1,8	Kali	0,6
Natron	2,7	Natron	0,9
		Titanoxyd	0,6
	99,6		99,4

Berechnet man beide Analysen auf eine gleiche Menge Thonerde, so ergibt sich, daß die Kieselsäure zu ⅔, die Kalkerde zur Hälfte, das Eisen zu 9/10, die Alkalien zu 5/6 und die Magnesia zu 95/100 verschwunden sind. Der Peridot, welcher in dem unveränderten Basalt enthalten ist, hat sich vollkommen aufgelöst.

Basalt von Polignac (Haute-Loire).

a) Unveränderter Theil		b) Veränderter Theil.	
Wasser	3,7	Wasser und organische Materie	3,5
Kieselsäure	53,0	Kieselsäure	58,1
Thonerde	18,4	Thonerde	22,6
Kalk	6,8	Kalk	2,9
Magnesia	3,5	Magnesia	2,2
Eisenoxydul	9,5	Eisenoxyd	4,0
Kali	2,7	Kali	2,7
Natron	3,1	Natron	3,3
	100,7		99,3

Berechnet man beide Analysen auf gleiche Mengen Thonerde, so findet man, daß ein großer Theil der Kieselsäure mit fast ⅔ Kalk, der Magnesia und des Eisens verschwunden ist und daß die Alkalien sich in beiden Mineralien fast in denselben Verhältnissen wiederfinden. Es scheint daher die Zersetzung des Augits eher stattgefunden zu haben, als die des Feldspaths.

Basalt von Kammerbühl (bei Eger).

	a) Unveränderter Basalt	b) Basalt in der ersten Periode	c) in der zweiten Periode der Zersetzung.
Wasser	4,4	9,5	20,4
Kieselsäure mit Spuren von Titan . . .	34,4	43,0	42,5
Thonerde	12,2	13,9	17,9
Kalkerde	11,3	12,1	2,5
Magnesia	9,1	7,4	3,3
Eisenoxyd	3,5	5,4	11,5
Eisenoxydul	12,1	8,3	—
Kali	0,8	0,5	0,2
Natron	2,7		
	100,5	99,5	99,3

Berechnet man die Analysen auf gleiche Mengen Thonerde, so findet man, daß der Basalt in der ersten Periode fast die ganze Menge der Alkalien nebst einem Theile der Kieselsäure, der Magnesia und des Eisens verliert. In der zweiten Periode verschwindet der größere Theil des Kalks und der Magnesia nebst einer bedeutenden Menge Kieselsäure und Eisen, welches als Oxyd zurückbleibt. Die erste Periode entspricht der Zersetzung des Feldspaths oder Zeoliths, die zweite Periode der Zersetzung des Augits oder Peridots.

Der Basaltboden sagt namentlich den Laubhölzern, etwas weniger der Fichte zu. Den weichen Laubhölzern und der Birke soll er nicht günstig sein.

Dolerit (Grau- oder Flötzgrünstein).

Der **Dolerit** (Grau- oder Flötzgrünstein) ist ein mehr oder weniger erkennbares Gemenge aus Feldspath, Augit und Magneteisen, Feldspath und Augit meist zu gleichen Theilen. Übergänge in Basalt und Wacke. Er verwittert viel leichter als Basalt. Die Bildung und Beschaffenheit des Bodens stimmen ziemlich mit der des Basaltbodens überein.

Wacke.

Die **Wacke** besteht aus einem innigen Gemenge von Feldspath, Augit, Magneteisen, Glimmer und Hornblende. Übergänge in Basalt und Eisenthon. Sie verwittert noch leichter als der Dolerit. Die Zusammensetzung des Bodens ist ziemlich die des Basaltbodens, nur ist der Eisen- und Thongehalt etwas geringer, wogegen der Kieselerdegehalt bis 60% steigt. Der Boden soll sehr fruchtbar und besonders für Laubhölzer geeignet sein.

4) Gesteine mit Kalkerde als Hauptbestandtheil.

Kalkstein (dichter Kalk)

Der **Kalkstein** oder dichte Kalk ist ein dichtes Gemenge von kohlensaurem Kalk, Thon, Kieselerde und Eisenoxydul. Übergänge in körnigen Kalkstein (Marmor) und, jedoch sehr langsam, in Mergelverwitterung,

um so schneller, je mehr er Thon und Eisen enthält, namentlich wenn das Eisen auf einer noch niedrigen Oxydationsstufe steht; schneller verwittert der schieferige und zerklüftete, als der massige, da er leichter von Feuchtigkeit durchdrungen wird. Der Thongehalt des Kalksteins steigt von einigen wenigen bis auf 20% (Mergelkalkstein) und der Boden ist um so fruchtbarer, je größer der Thongehalt. Der bedeutende, oft mehr als 30% betragende Thongehalt des über dem Kalkstein liegenden Bodens rührt aber nicht immer von dem verwitterten Kalkstein her, sondern dessen Zerklüftungen sind oft mit Thonmasse ausgefüllt. Steigt der Thongehalt des Kalkbodens über 40%, während der Eisengehalt bis unter 2% herabsinkt, so entwickelt er eine hohe Fruchtbarkeit und wird mit dem Namen **Haselerde** bezeichnet. Am besten gedeihen darauf die Prunus-, Pyrus- und Sorbus-Arten, nach diesen die Rothbuche, dann die Ahorne und Eschen, die Fichte und Eiche. Den weichen Laubhölzern entspricht er am wenigsten. Je mehr im Kalkgestein der Thon- und Eisengehalt zurücktritt, um so geringer und seichter wird der Boden. Der thonarme Kalkboden ist trocken und warm, trocknet leicht aus, absorbirt die Gasarten schlecht, saugt das Regenwasser begierig ein und erhärtet damit zur festen Masse, erweicht aber durch Winterfeuchtigkeit viel leichter, als Thon- und Lehmboden. Seine Fruchtbarkeit wird durch eine ihn stets feucht erhaltende Dammerdeschicht, also durch ununterbrochene Bewaldung erhöht.

Übrigens ist der den Kalkstein deckende Boden häufiger, als der über anderen Gebirgsarten kein Verwitterungsboden, sondern Flötzboden.

Die **Kreide** besteht fast nur aus kohlensaurer Kalkerde, wenigstens ist ihr Gehalt an Thonerde, Kieselerde und Eisenoxyd zu gering, als daß er einen wesentlichen Einfluß auf Bodenbildung haben könnte. Übergänge in Mergelverwitterung langsam. Der Kreideboden ist an und für sich unfruchtbar und entspricht nur in sehr feuchtem Klima den Prunusarten und der Rothbuche. So ist der Kreideboden von England theilweise sehr fruchtbar.

Kalktuff (Duckstein).

Der **Kalktuff** oder Dukstein ist eine lockere bis erdige, poröse Kalkmasse mit mehr oder weniger Kieselerde, Thonerde und Eisen. Er verwittert rasch und leicht. Der Boden ist meist sehr fruchtbar, namentlich der Rothbuche entsprechend, er stimmt im Allgemeinen mit dem Boden des dichten Kalksteins überein. Die Erhaltung der Bewaldung wird besonders bei geringem Thongehalte nothwendig.

Dolomit (Bitterkalk).

Der **Dolomit** oder Bitterkalk ist ein körniger, poröser Kalkstein und besteht aus kohlensaurem Kalk mit 3—46% kohlensaurer Talkerde. Er verwittert schnell. Der daraus entstehende Boden wird dadurch, daß das Gestein häufig Glimmer, Talk, Quarz rc. einschließt und der neuere Dolomit häufig mit Thon- und Gypslagern wechselt, der Vegetation, namentlich der harten Laubhölzer günstig. Er besteht in der Regel aus 40 kohlensaurem Kalk, 10 schwefelsaurem Kalk, 20—30 kohlensaurer Talkerde, ebensoviel Thon, 8—10 Kieselerde nebst etwas Eisenoxyd und Manganoxydul.

Der **Gyps** besteht aus 33 Kalkerde, 46 Schwefelsäure und 21 Wasser, er verwittert sehr schnell, da er vom Regenwasser aufgelöst und ausgewaschen wird. Der reine Gyps liefert einen ganz unfruchtbaren Boden, der mit Thon gemengte (Thongyps), oder mit Thonschichten wechselnde bildet einen bisweilen sehr fruchtbaren, besonders der Rothbuche und den Ahornen zusagenden Boden. Gyps.

5) Sandsteine.

Sie bestehen aus kleinen, durch ein thoniges, kalkiges, mergeliges, kiesiges, eisenschüssiges Bindemittel zusammenhängenden Quarzkörnern. Die Verwitterung ist verschieden je nach der Verschiedenheit und Menge des Bindemittels, bei thonigem und eisenschüssigem Bindemittel und großer Menge desselben am schnellsten; am langsamsten dagegen bei kiesigem und mergeligem. Auch die Beschaffenheit des daraus entstehenden Bodens ist nach der Art und Menge des Bindemittels und nach der Größe der Quarzkörner sehr verschieden.

Der **Thonsandstein** liefert einen meist sehr fruchtbaren bindenden Thon- oder Lehmboden, dessen Thongehalt bis auf 30% steigt, besonders wenn er aus sehr feinen Quarzkörnern besteht. Der Boden ist um so weniger bindend und thonhaltig, je größer die Quarzkörner sind, weil dann die Thontheile in die Tiefe hinabgeschwemmt werden, wo das so entstehende Thonlager Veranlassung zu Versumpfungen gibt. Der Boden des feinkörnigen Thonsandsteins sagt den meisten Laubhölzern und der Fichte sehr gut zu und soll namentlich der Eiche sehr günstig sein. Thonsandstein.

Der **Kalksandstein** hat außer seinem kalkigen Bindemittel häufig noch einen beträchtlichen Glimmergehalt, wo er dann einen sehr fruchtbaren Boden bildet, der übrigens alle Nachtheile der großen Lockerheit zeigt. Er entspricht namentlich der Buche und Fichte, und wenn er tief ist, auch der Lerche und Kiefer. Kalksandstein

Der **Mergelsandstein** liefert eine der fruchtbarsten Bodenarten, wenn das entweder thonmergelige oder kalkmergelige Bindemittel in hinreichender Menge vorhanden ist. Die Quarzkörner sind gewöhnlich klein, daher der Boden seine Mischung erhält. Er ist bei gleicher Menge des Bindemittels lockerer, als der des Thonsandsteins. Mergelsandstein.

Der **Quarzsandstein** besteht aus kleinen Quarzkörnern mit kieselerdigem, eisenschüssigem Bindemittel. Er verwittert sehr schwer und der daher meist sehr seichte, lockere Boden ist auch wegen seiner Zusammensetzung der Vegetation wenig günstig; am meisten noch der Fichte und Birke; für die Kiefer ist er gewöhnlich zu seicht. Quarzsandstein.

Nach den Lagerungsverhältnissen unterscheidet man bunten Sandstein, Quadersandstein, Kohlensandstein ꝛc., deren jeder sowohl Thon-, als Kalk-, Mergel- oder Quarzsandstein sein kann.

Bestandtheile des Bodens.

Die Stoffe, aus welchen die Bodenkrume zusammengesetzt ist, sind theils gleich bleibend, dauernde Bestandtheile, oder ihr Vorkommen wechselt nach Umständen, veränderliche Bestandtheile.

Dauernde Bestandtheile des Bodens.

Die dauernden Bestandtheile des Bodens sind diejenigen, welche wegen ihrer Schwerlöslichkeit und geringen Zersetzbarkeit in Quantität und Qualität ziemlich gleich bleiben, sie bilden daher auch den bei Weitem kleinsten Theil der Pflanzennahrung, sind aber nichtsdestoweniger als solche von größter Wichtigkeit, weil sie durch ihre bedeutende Sättigungscapacität den schwachen organischen Säuren gegenüber, wie namentlich hier der Humussäure, bei ihrer Aufnahme an die Pflanzen denselben eine große Menge organischer Bestandtheile zuführen; in mechanischer Beziehung üben sie ferner dadurch einen mächtigen Einfluß auf die Vegetation, daß sie die Pflanzen an die Quelle ihrer Nahrung fixiren und die Nahrungsstoffe sowohl durch größere Zertheilung, als auch durch ihre Absorptions- und Bindekraft für Gase und Feuchtigkeit in den der Assimilation entsprechenden Zustand versetzen und vermöge ihrer Porosität aus der Ferne zuleiten.

Veränderliche Bestandtheile des Bodens.

Die veränderlichen Bestandtheile des Bodens sind jene, welche vorzugsweise die Nahrung der Pflanzen bilden und demnach durch den Vegetationsprozeß manchfachen Veränderungen unterworfen sind.

Zu den ersteren gehören die Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Magnesia und die (Schwer-)Metalloxyde; zu den letzteren verschiedene Salze, Säuren, Humus und das Wasser.

Die Kieselerde.

Die **Kieselerde** findet sich im Boden für sich in sehr fein zertheiltem Zustande als Kieselstaub, oder in größeren oder kleineren Körnern als Grand, Grus oder Sand (s. unten) meist in Verbindung mit wenig Thon, Eisen oder Humussäure, oder mit einer größeren Menge Thonerde als Thon. Je durchsichtiger und farbloser die Körner des Sandes sind, um so freier sind sie von Beimischungen; eine milchweiße Farbe erhält er durch Kalkgehalt, eine röthliche durch Eisen- und Mangan-Oxyde, eine schwärzliche durch Humustheile, die mit der Kieselsäure innig und vielleicht chemisch gebunden sind.

Die Kieselerde des Bodens bleibt unter allen Bestandtheilen des Bodens am unveränderlichsten, sie ist im freien krystallisirten Zustande im Wasser unlöslich und wird im löslichen Zustande, nämlich bei der Zersetzung der Silicate durch kohlensäurehaltiges Wasser nur sehr langsam und in kleinen Mengen ausgeschieden.

Die Kieselerde hat unter allen Bestandtheilen des Bodens die geringsten Grade des Zusammenhangs und bildet demnach das vorzüglichste Lockerungsmittel für den Boden, und um so mehr, in je größeren Körnern sie vorhanden ist. Sind dieselben zu groß, so wird der Boden unfruchtbar, die großen Zwischenräume enthalten so viel Luft, daß der Regen entweder gar nicht eindringt, oder nur die oberste Schichte benetzt, oder wenn er eindringt, theils in die Tiefe sinkt, theils wieder schnell verdunstet, ebenso

erfolgt die Zersetzung des Humus zu schnell. Das Wasser vermag die Sandkörner nicht zu durchdringen, es benetzt sie nur oberflächlich. Der Sand nimmt daher nur ⅓ von dem Wasser auf, welches der Thon aufnimmt, ohne davon naß zu werden. Der Sand zieht kein Wasser aus der Luft an, sondern wird nur durch wirkliche Niederschläge aus der Luft befeuchtet.

Wegen dieser geringen Aufnahmsfähigkeit für Feuchtigkeit steht die Kieselerde auch in der Gasabsorption den übrigen Erden weit nach.

Der kieselreiche Boden kühlt sich endlich nach der Erwärmung durch die Sonne viel langsamer wieder ab, als andere Erdarten, während er die Erwärmbarkeit mit diesen ziemlich gleich hat, die von dunkler Farbe etwa abgerechnet, welche sich stärker erwärmen. Die Ursache liegt nämlich in der glatten, glänzenden Oberfläche der Quarzkörner, weil Körper mit rauher Oberfläche die Wärme viel rascher ausstrahlen, als glatte Flächen.

Das specifische Gewicht des Sandes ist 2,65, ein Kubikfuß wiegt im trockenen Zustande 112 Nürnberger Pfund.

Thon.

Der **Thon** ist im reinen Zustande eine chemische Verbindung von Thonerde mit Kieselerde (Kieselsäure), ein Thonerdesilicat in verschiedenen Verhältnissen. Man unterscheidet solcher Thonerdesilicate gewöhnlich fünf:

1.	Silicat	18,35	Kieselerde	mit	81,65	Thonerde	$= \ddot{A}l_4\dddot{S}i$
2.	„	31,01	„	„	68,99	„	$= \ddot{A}l_2\dddot{S}i$
3.	„	47,33	„	„	52,67	„	$= \ddot{A}l\,\dddot{S}i$
4.	„	64,25	„	„	35,75	„	$= \ddot{A}l\,\dddot{S}i_2$
5.	„	72,95	„	„	27,05	„	$= \ddot{A}l\,\dddot{S}i_3$

Am gewöhnlichsten kommt das dritte Silicat vor.

Der Thon entsteht gewöhnlich durch Zersetzung des Feldspaths, Schieferthons und Thonschiefers ꝛc. Ersterer bildet indessen das Hauptfossil zur Bildung des Thons. Das Kalisilicat desselben wird allmälig durch kohlensäurehaltiges Wasser zersetzt und ausgelaugt unter Zurücklassung des Thonerdesilicats, welches jedoch eine 4% erreichende Menge Kali zurückhält. Schneller erfolgt dessen Bildung durch Schwefelkies, welcher sich zu schwefelsaurem Eisenoxydul oxydirt.

Nach seinen verschiedenen, in größerer oder geringerer Menge vorhandenen Beimengungen zeigt der Thon folgende allgemeine Eigenschaften in höherem oder geringerem Grade: Er saugt im trockenen Zustande begierig Wasser ein, klebt daher an Zunge und Lippen. Die Thonarten, welche es stärker einziehen, heißen fett, die, welche es weniger einziehen, mager. Die verschiedenen Thonarten zertheilen sich in Wasser und bilden damit eine schlüpfrige, zähe, bei vielen knetbare, bildsame Masse. Bei feiner Zertheilung in vielem Wasser bleibt er längere Zeit suspendirt, lagert sich aber allmälig am Boden ab und zwar nach der Schwere seiner Gemengtheile in regelmäßig begrenzten Schichten, so daß das Schwerste zu unterst, das Leichte ganz oben abgelagert wird. Thon mit grobkörnigem Sande zerfällt leichter in Wasser und ist weniger schlüpfrig und zähe.

Der Thon wird durch Trocknen fester und spaltet sich bei völligem Austrocknen in säulenförmige Stücke, ähnlich der Absonderung des Basalts und ist dann so hart, daß er sich weder durch Eggen, noch Walzen, sondern nur durch Zerschlagen zertheilen läßt. Der Winterfrost zersprengt indessen die feste Masse durch Ausfrieren, so daß sie beim Aufthauen zerfällt. Grober Sand hindert das feste Eintrocknen.

Im Feuer zieht sich der Thon zusammen und schwindet in verschiedenen Hitzegraden regelmäßig, er wurde daher von Wedgewood zu einem Pyrometer benutzt. Er wird dabei endlich so hart, daß er am Stahl Funken gibt und sich dann in Wasser nicht mehr zertheilt.

Reiner Thon ist unschmelzbar, nur fremde Beimengungen, wie kohlensaurer Kalk, Eisenoxyd, Kali machen ihn schmelzbar. Auch Sand erhöht bei gleichzeitiger Gegenwart von Kalk seine Schmelzbarkeit und zwar um so mehr, je mehr sich das Verhältniß folgendem nähert: 2 Theile Thon, 1 Th. Kalk und 2 Th. Sand; 4 Th. Sand würden das Gemenge wieder unschmelzbar machen. Eisenhaltiger Thon entwickelt beim Anhauchen einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch. Sand mindert die Zähigkeit und Bildsamkeit des Thons und er erhält dann den Namen **Lehm**.

Lehm.

Man unterscheidet nach dem Gehalte an beigemengter Kieselerde oder Sand 5 Arten von Lehm:

1) mit 3fachem Kieselthon	= 76	Thonerdesilicat	und 24	Kieselerde.
2) „ 2fachem „	= 68	„	„ 32	„
3) gleichatomiger Lehm	= 52	„	„ 42	„
4) mit 2fachem Thonkiesel	= 35	„	„ 65	„
5) „ 3fachem „	= 26	„	„ 74	„

Sandmergel, Mergel, Kalkmergel, Stein- und thoniger Mergel, Mergelerde.

An den Lehm mit 3fachem Thonkiesel schließt sich durch Vermehrung des Sandgehaltes der **Sandmergel** und lehmige Sandboden an, während der Thon durch Aufnahme von Kalk in den **Mergel** und **Kalkmergel** übergeht. Auch heißt derselbe bei starkem Kalk- und geringem Thongehalt **Steinmergel**, im umgekehrten Falle **thoniger Mergel** und wenn die Masse weich und zerreiblich ist, **Erdmergel** oder **Mergelerde**.

Diesem Gemenge gibt indessen erst ein Gehalt von 5—10% Eisenoxyd den Namen Lehm. Durch geringeren Sandgehalt nimmt der Thon mehr Wasser auf, wird daher bildsamer, durch geringeren Gehalt an Eisenoxyd wird seine Farbe blasser bis weiß. Er heißt dann vorzugsweise **Thon** oder **Klay** und zwar je nach seiner geringeren oder größeren Reinheit von Eisen rother und weißer Töpferthon, Pfeifenthon, Porzellanthon.

Eigentlicher Thon oder Klay.

Der Lehm unterscheidet sich vom Thon auch noch durch einen größeren Gehalt an Kalk, doch gehen beide allmälig ineinander über, so daß sich eine genaue Grenze nicht ziehen läßt. Der Lehm fühlt sich nicht, wie der Thon, fettig an, sondern ist zerreiblich; naß ist er zwar noch formbar, aber nicht zäh, wie der Thon. Am deutlichsten unterscheidet er sich aber von diesem, daß er sich trocken nicht mehr unter dem Fingernagel glätten läßt. Feinerdiger mit sehr viel und sehr feinem Sand gemengter, aus dem

Wasser periodisch abgesetzter und daher schieferiger Thon von bläulicher oder grauer Farbe heißt **Letten**.

Letten.

Farbe des Thons.

Eisenoxyd und brennbare Körper, wie Humus, Erdharze u. dgl. bedingen in der Regel die Farbe des Thons. Sie hängt von der Oxydationsstufe des Eisens und von der Mengung und Mischung der Eisenverbindungen ab. So gibt Eisenoxydul schwarz, Eisenoxydulhydrat weiß, Eisenoxyd roth, Eisenoxydhydrat gelb, Eisenoxydoxydulhydrat grün, phosphorsaures Eisenoxydoxydul blau und die manchfaltigen Mischungen dieser Farben die verschiedensten Nuancen. Alle von Eisen gefärbten Thonarten, welche Farbe sie auch haben mögen, werden durch Glühen roth. Die durch brennbare Körper, wie Humus und Erdharz, ertheilte Farbe ist schwarz und wird durchs Glühen aschgrau, oder beim vollständigen Verbrennen der organischen Substanz weiß.

Reiner Thon braust mit Säuren nicht, wohl aber solcher, der kohlensaure Kalk- oder Talkerde enthält. Ein Talkerdegehalt macht den Thon auffallend fett, ohne aber seine Schmelzbarkeit zu erhöhen.

Die bindenden Thon- und Lehmarten nehmen 40—50% ihres eigenen Gewichts Wasser auf, während der Sand dessen nur 25 aufnimmt. Kalk-, Talk- und Humusboden besitzen diese Fähigkeit in noch höherem Grade als der Thonboden. Es kann daher diese nachtheilige Eigenschaft nur durch Hinzutreten des Sandes gehoben werden.

Das specifische Gewicht des Thons beträgt gewöhnlich 2,533, der Kubikfuß desselben wiegt dann 75 Pfund.

Wirkung des Thons als Bodenbestandtheil.

Der Thon vermehrt die Fruchtbarkeit des Bodens 1) durch seine wasserhaltende Kraft. Er erhält sich und die ihm beigemengten Bestandtheile des Bodens durch seine Wasseranziehung aus der Luft, welche er in weit höherem Grade als der Sand besitzt, und durch die geringe Abgabe der Feuchtigkeit an die Unterlage auch bei trockener Witterung feucht. Thau und Nebel wirken nicht blos auf seine Oberfläche, wie beim Sand, sondern dringen tiefer ein und werden dadurch der raschen Verdunstung entzogen. 2) Durch Absorption von Sauerstoff und Kohlensäure, welche letztere er auch dem Boden im Wasser zuführt. Ganz besonders zeichnet sich aber der Thon nebst dem Eisenoxyd vor allen übrigen Bodenbestandtheilen dadurch aus, daß er mit dem Ammoniak eine feste Verbindung eingeht, und die Niederschläge, welche man durch Ammoniak in Eisenoxyd- und Thonerdesalzen erhält, sind als wahre Salze zu betrachten, worin das Ammoniak die Rolle einer Säure spielt. Bouis fand, daß der Geruch, den man beim Befeuchten aller thonreichen Mineralien bemerkt, zum Theil von entwickeltem Ammoniak herrührt. 3) Durch Festhaltung des Humus, da er ihn einestheils vor dem Austrocknen schützt, anderntheils das Versinken der aufgelösten Humussäure und ihrer Salze in die Bodenunterlage hindert. Die Thonerde verbindet sich mit dieser Säure und namentlich mit Quellsäure und Quellsatzsäure zu sehr schwerlöslichen Körpern und hindert dadurch das Auslaugen durch Regen. 4) Durch Verzögerung der zu schnellen Zersetzung des Humus vermöge der Abschließung der Luft.

Ein Übermaß von Thon wirkt nachtheilig 1) durch zu langes Festhalten der Feuchtigkeit bei nassem Wetter und Klima, wo er leicht Versumpfungen veranlaßt. Die meisten Sümpfe, Moore, Seen und Brücher des Moorbodens entstehen auf diese Weise. Es muß hier durch Anlegung von Abzugsgräben oder durch Beförderung des Luftwechsels (Auslichtung der Bestände, Entfernung der Pflanzendecke, Sumpfmoose) gesorgt werden. 2) Durch sein schnelles Erkalten bei abnehmender Temperatur, was mit seinem größeren Feuchtigkeitsgehalte und mit der Rauhheit seiner Oberfläche (gegen die der Kieselerde) im Zusammenhange steht. Er bildet daher einen kalten Boden. Durchs Glühen wird die wasserhaltende Kraft so weit gemindert, daß sie nach dem Glühen bei grob gepulvertem Thon 46, und bei feinem 60 beträgt, wenn sie bei ungeglühtem 70% betrug. Auch der Zusammenhang wird dabei von 160 auf 10 verringert. Schübler. Außerdem bewirkt das Erhitzen auch eine chemische Veränderung. So lösen nach Stöckhardt Wasser und verdünnte Salzsäure aus 100 Theilen frisch gegrabenen Lehms nur $2^3/_5$ Loth auf, aus demselben nach dem Erhitzen bis 150° dagegen $6^5/_6$, bei mäßigem Glühen $26^1/_2$, bei starkem Glühen 29 Loth. 3) Wirkt ein Übermaß des Thons nachtheilig durch zu starkes Erhärten bei trockener Witterung, was die Ausbreitung der Wurzeln hindert. 4) Durch Spalten beim Austrocknen in der Hitze des Sommers und Ausfrieren in der Kälte des Winters, wodurch die Wurzeln theils zerreißen, theils bloßgelegt werden. 5) Er bindet die organischen Stoffe zu stark und gibt sie daher nur schwierig ab.

Bei der Beurtheilung des Bodens muß daher besonders das Verhältniß des Thons zu den anderen Bestandtheilen berücksichtigt werden, namentlich zum Kalk. 37 bis 40% ist das beste Verhältniß desselben zu allen übrigen Bestandtheilen. Besonders aber kommen hierbei auch klimatische Verhältnisse mit in Betracht. So kann der in einem trockenen Klima unfruchtbare sandreiche Thon in einem nassen sehr fruchtbar sein, und umgekehrt vorwaltender Thon für ein nasses Klima zu kalt, für ein warmes aber der Vegetation sehr günstig sein.

Kalkerde. Die **Kalkerde** kommt im Boden theils als kohlensaure Verbindung vor, theils als schwefelsaure oder Gyps.

Die **kohlensaure Kalkerde** ist als solche in Wasser fast unauflöslich (1 in 16000), löst sich aber durch Umwandlung in doppeltkohlensaure Kalkerde ($\dot{Ca}\ddot{C}_2$) in kohlensäurehaltigem Wasser, und nach der Verbindung mit Humussäure als humussaurer Kalk in 2000 Theilen kaltem Wasser auf und geht in diesen Verbindungen in die Pflanze über, worin er (wenigstens bei den Hölzern) die Hälfte der anorganischen Bestandtheile ausmacht. Dieses Vorwalten der Kalkerde unter den anorganischen Bestandtheilen der Pflanze beruht einestheils auf der großen Verbreitung derselben im Boden; anderntheils auf dem Umstand, daß er zur Humussäure eine größere Verwandtschaft besitzt, als Kali, Natron und Ammoniak; jene Basen dagegen, welche den Kalk an Verwandtschaft zur Humussäure übertreffen,

Magnesia, Eisen- und Manganoxydul, in weit geringerer Menge vorkommen; Thonerde sich aber nur in Verbindung mit Kieselsäure vorfindet, welche weit schwieriger zersetzt wird, als die kohlensaure Verbindung der Kalkerde.

Wegen der raschen Auflösung des Humus durch den Kalk, heißt man den Kalkboden einen thätigen Boden. Wenn er fruchtbar sein soll, muß er viel Humus enthalten. Es muß daher auf diesem Boden nicht blos für dichte Bewaldung, sondern auch für eine Holzart von dichtem Schluß und Blattreichthum gesorgt werden und diesen Anforderungen entspricht die Rothbuche am besten, welcher auch der Kalkboden besonders zusagt.

Nächst dem Sande hat die Kalkerde die geringste Zusammenhangskraft und bildet demnach einen lockeren, leichten, der Wurzelausbreitung günstigen, wenig bindenden Boden, gestattet aber wegen ihrer feineren Zertheilung einen geringeren Luftwechsel, als der Sandboden, welchen jedoch eine Beimengung von Sand vermittelt.

Rücksichtlich ihres Verhaltens zur Feuchtigkeit hält die Kalkerde zwischen Kieselerde und Thonerde die Mitte und ist in dieser Beziehung im reinen Zustande der Vegetation nicht günstig. Sie faßt, je nach ihrer geringeren oder größeren Vertheilung, nur 25—40% ihres Gewichtes Wasser, welches sie durch Versenkung in die Tiefe und Verdunstung bald wieder verliert, und dabei besitzt sie auch das Vermögen, Wasser aus der Luft anzuziehen, in sehr geringem Grade.

Von der Sonne wird die Kalkerde, nächst der Kieselerde, am wenigsten erwärmt, weil das aufgenommene Wasser nicht, wie bei der Thonerde, alles zu verdunsten braucht, sondern zu einem großen Theile in die Tiefe sinkt, sie verliert auch die Wärme nicht viel schneller, als der Sand, da sie wegen ihrer Trockenheit ein schlechter Wärmeleiter ist. Der Kalk bildet daher einen sogenannten heißen oder hitzigen Boden.

An und für sich bildet daher die Kalkerde einen trockenen, warmen, meist humusarmen, unfruchtbaren Boden. Eine hinreichende Beimengung von Thonerde und Humus vermag sie indessen zu einer der fruchtbarsten Bodenarten zu machen; so reicht hierzu schon ein Lehmgehalt von 30—40% hin, und eine Beimengung von 10% Lehm bildet damit bei einigem Humusgehalt einen mittelmäßig guten Waldboden.

Mergel.

Ist der Kalkboden mit so viel Thon und Sand gemengt, daß der Gehalt an kohlensaurem Kalk 20% nicht übersteigt, so heißt er **Mergel**. Beträgt der Sandgehalt 60—70%, so nennt man das Gemenge sandigen Mergel. Steigt der Thongehalt auf 20—40%, so heißt es lehmiger, bei 50—60% thoniger Mergel. Die Mergelarten, namentlich aber der lehmige und thonige, bilden einen sehr fruchtbaren Boden, weil hier die Mengung in einem Verhältnisse stattfindet, in welchem die nachtheiligen Eigenschaften der einzelnen Gemengtheile sich gegenseitig aufheben.

Krocker, welcher auf Liebig's Veranlassung 7 verschiedene Arten Mergel untersuchte, fand darin:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kohlensaure Kalkerde	12,275	14,111	18,808	20,246	25,176	32,143	96,066
Kohlensaure Bittererde ...	0,975	Spuren	1,228	3,211	2,223	1,544	1,106
Kali	0,087	0,082	0,092	0,091	0,105	0,101	0,103
Wasser	2,036	2,146	2,111	1,311	1,934	1,520	1,555
Thon, Sand und Eisenoxyd	84,525	82,830	76,827	74,325	69,570	64,214	60,065
Ammoniak	0,0045	0,0077	0,0988	0,0768	0,0736	0,0955	0,0579

Gyps. Die **schwefelsaure Kalkerde** oder der **Gyps** kommt nur selten im Boden überhaupt und über Gypsfelsen selbst oft nur in geringer Menge vor, weil er vermöge seiner Leichtlöslichkeit sehr bald vom Regenwasser ausgelaugt wird. Wo er vorwaltet, bildet er einen lockeren, mageren und heißen Boden, der nicht mehr Feuchtigkeit als Quarzsand aufnimmt, dieselbe ebenso schnell verliert und keine Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Beim Gypsboden ist vor Allem auf Erhaltung der Humusschichte zu sehen, die hier durch die Rothbuche und Esche noch am ersten erhalten wird, obgleich er auch diesen weit weniger entspricht, als Kalkboden.

Phosphorsaure Kalkerde. Die **phosphorsaure Kalkerde**, welche im Mineralreiche als Spargelstein, Phosphorit, Apatit und als untergeordneter Bestandtheil des Granits, Gneis' und Glimmerschiefers vorkommt und für sich in reinem Wasser nicht, wohl aber in kohlensäurehaltigem löslich ist, bildet einen beträchtlichen Theil der anorganischen Pflanzenbestandtheile, hat indessen in praktischer Beziehung ein besonderes Interesse nur für die Landwirthschaft, insofern er als Nahrungsmittel die Knochenbildung der Thiere begründet.

Talkerde. Die **Talkerde** kommt im Boden vor als Carbonat und Silicat. Ersteres im Boden des Dolomits und in kleiner Menge in manchen Kalksteinen und Mergeln; das Silicat im Boden der hornblendeartigen Gebirgsarten, des Talks und Chloritschiefers. Bis zu ½, seltener 1%, findet sich die Talkerde fast in jedem Boden.

Die Talkerde, für sich im Wasser unlöslich, löst sich, wie der Kalk, als Doppelcarbonat und in Verbindung mit Humussäure im Wasser leicht. Sie hat zwar nach der Thonerde die größte Zusammenhangskraft, aber doch immer nur den 9. Theil von dieser. In Beziehung zur Feuchtigkeit zeigt sie unter allen Erden das günstigste Verhalten. Sie nimmt die größte Menge Wasser auf und hält diese selbst fester als der Thon, ebenso besitzt sie das Vermögen, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, im höchsten Grade. In größerer Menge würde sie daher dem Boden nicht zuträglich sein; in der geringen Menge aber, in welcher sie gewöhnlich vorkommt, können diese Eigenschaften nur günstig wirken.

Die Bittererde ist übrigens ein wichtiges Nahrungsmittel, namentlich für Pflanzen, welche mehlhaltige Samen erzeugen. Diese enthalten beträchtliche Mengen von Bittererde als Phosphat.

Die Salze des Bodens. Von den **Salzen** kommen unter den für Waldcultur wichtigen Bodenbestandtheilen nur vor: kohlensaures Kali, Natron und Ammoniak, Chlornatrium, kohlensaure, schwefelsaure und phosphorsaure Eisensalze.

Der Salzgehalt des Bodens beträgt in der Regel nicht mehr als ½% des Bodengewichts; nur in den Salzsteppen, an der Seeküste und in der Umgebung von Salzquellen, so wie im Torf- und Sumpfboden findet

sich ein stärkerer Salzgehalt vor, der indessen dem Wuchse unserer Waldbäume stets nachtheilig ist.

Die bedeutende im Regenwasser zugeführte und die bei der Verwitterung der Gesteine ausgelaugte Salzmenge wird fortwährend in die Tiefe geschwemmt. Ein Boden ist daher um so freier von Salzgehalt, je leichter er den Abzug des Wassers in die Tiefe gestattet, und um so salzhaltiger, je bindender und thonreicher er ist.

Eisensalze.

Am ungünstigsten wirken die **Eisensalze** auf die Vegetation, die sich im Sumpf- und Moorboden als Verbindungen von Eisenoxydul und Oxyd mit Kohlen-, Phosphor- und Humussäure, und in schwefelkieshaltigen Bodenarten, durch Oxydation als schwefelsaures Eisenoxydul und Oxyd, erzeugen. Es wirken nämlich viele, dem Thierorganismus verderbliche Mineralgifte, wie schon früher (S. 459) angegeben wurde, auch auf das Pflanzenleben zerstörend ein. So wie nun Eisensalze in kleiner Menge von ersterem ohne Nachtheil vertragen werden und sogar einen Bestandtheil desselben ausmachen, in großen Mengen dagegen durch Anätzung der Einverleibungsflächen als Gift wirken, so scheint auch ein Übermaß von Eisensalzen störend auf die Vegetation zu wirken, namentlich das schwefelsaure Eisen wegen seiner Auflöslichkeit. Es können übrigens alle, auch zu den Pflanzenbestandtheilen gehörigen auflöslichen Salze den Vegetationsprozeß vernichten, wenn sie in so großer Menge vorhanden sind, daß sie eine Zersetzung der organischen Theile bewirken.

Entwässerung und Abtrocknung des Bodens, um den Luftzutritt zu vermehren, ist das einzige Mittel, die Unfruchtbarkeit eines solchen eisenhaltigen Bodens zu heben.

Chlornatrium

Unter den Natronsalzen findet sich das **Chlornatrium** (Koch- oder Steinsalz) am häufigsten als Bodenbestandtheil. In größerer Menge wirkt es besonders auf den Wuchs der Gräser und Kräuter mit Ausschluß einiger, der sogenannten Salzpflanzen, nachtheilig ein; eine Beimengung unter ½ % soll jedoch günstig wirken. An den Orten, wo Salzquellen zu Tage kommen, können wenige Pflanzen leben, während in gewisser Entfernung davon, wo der Einfluß des Salzes doch noch fühlbar ist, sich der schönste Wiesenwachs zeigt. Auch Braconnot's Versuche, wodurch er die schädlichen Einflüsse des Kochsalzes auf die Vegetation darzuthun suchte, beweisen blos, daß es in zu großer Menge schade.

Man hat sich die wohlthätige Einwirkung der Salze überhaupt daraus zu erklären gesucht, daß man sie als Reizmittel betrachtet; allein nachdem man sich in neuerer Zeit gezwungen sah, den Vegetationsprozeß für einen rein chemischen anzusehen, weil man bei den Pflanzen noch kein Nervensystem hat nachweisen können, so kann sich beim Kochsalz um so weniger eine Schwierigkeit darbieten, da man weiß, daß es, obgleich in größerer Quantität eine fäulnißwidrige Substanz, in kleinerer Menge die Fäulniß im Gegentheile fördert, was schon den Alten bekannt war[1]).

1) Soyer Willemet, Compt. rend. Febr. 1845. Nr. 7 und daraus Dingler's polytechn. Journ. 96. 1845. S. 134.

Das Kochsalz befördert demnach in solchen kleinen Mengen die Verwesung der organischen Bestandtheile des Bodens und scheint durch Beschleunigung der Humusbildung gleichsam ein Reizmittel für die Vegetation abzugeben, und wahrscheinlich beruht auch darauf die Wirksamkeit aller übrigen als Reizmittel für den Pflanzenwuchs betrachteten Salze. Eine Zuckerauflösung trübt sich viel früher, wenn ihr ½% schwefelsaures oder phosphorsaures Natron und namentlich Salmiak oder Salpeter zugesetzt wird [1]).

Kohlensaures Natron.

Noch mehr befördert das **kohlensaure Natron** die Zersetzung des Humus, und bildet zugleich eines der auflöslichsten humussauren Salze, allein es kommt gewöhnlich nur in sehr geringer Menge im Boden vor.

Kohlensaures Kali.

Wichtiger ist für die Vegetation das **kohlensaure Kali.** Auch in der Waldcultur bedient man sich desselben in einzelnen Fällen, um die Bodenthätigkeit künstlich zu erhöhen, so beim Hainen im Hackwaldbetriebe durch die sogenannte Feuerdüngung. Das Kali bildet eine beträchtliche Menge der anorganischen Bestandtheile der Pflanzen, einen Hauptbestandtheil der Asche, befördert die Zersetzung des Humus mehr, als alle anderen Salze und bildet das leicht löslichste humussaure Salz.

Der Kaligehalt des Bodens rührt besonders aus den Feldspath und Glimmer enthaltenden Gebirgsarten her. Den lockeren Bodenarten, namentlich dem Sande, fehlt das Kali mitunter gänzlich, es übersteigt selten ½%, erreicht jedoch in Thon, Lehm, Kalk und Mergel bisweilen 1%.

Als die Hauptquelle des Stickstoffs für die Pflanzen, so wie als Auflösungsmittel für die Humussäuren und als Verwesung befördernde Stoffe sind von besonderer Wichtigkeit die **Ammoniaksalze** des Bodens, obgleich sie wegen ihrer kleinen Menge in den seitherigen Bodenanalysen unberücksichtigt blieben. Krocker fand in 10 verschiedenen Arten Lehmboden 0,135 bis 0,170 und in einer derselben 0,104% Ammoniak, in zwei Arten Sandboden 0,096 und 0,056, in fast reinem Sand 0,031%. Der Boden hält also um so mehr Ammoniak zurück, je reicher er an Thon, und um so weniger, je sandiger er ist.

Die Säuren des Bodens.

Von den **Säuren** kommt, außer der Kohlen-, Kiesel- und Humussäure, von welcher beim Humus noch besonders die Rede sein wird, selten eine frei im Boden vor. In Verbindung mit den verschiedenen Salzbasen findet sich am häufigsten die Salzsäure (nach der gewöhnlicheren Ansicht Chlor) mit Natrium, die Schwefelsäure in Verbindung mit Kalkerde und Eisen, und die Phosphorsäure gewöhnlich mit Eisen.

Saurer Boden.

Der sogenannte saure Boden hat seinen Namen zwar nicht nach seiner chemischen Beschaffenheit erhalten, sondern nach den Kräutern, welche auf dem sauren (nassen oder Moor-) Boden wachsen, wie Binsen, Riedgräser und Moose, welche zwar keinen sauren, aber auch nicht den süßen Geschmack guter Futtergräser besitzen, und daher nur im Gegensatz zu diesen mit dem Namen saures Futter bezeichnet worden sind; allein solcher Boden

---

1) Schultz in Poggendorff's Ann. 64. 1845. S. 146.

zeigt auch wirklich auf Lackmuspapier eine saure Reaction, weil er freie Humussäure mit Phosphor-, Kiesel-[1]), Essig- und Äpfelsäure enthält.

Die Metalle, oder richtiger die Schwermetalle, finden sich im Boden nur in sehr geringer Menge. Am häufigsten findet sich das Eisen, in weit geringerer Menge das Mangan und in noch kleinerer das Kupfer. Blei und Zink finden sich nur örtlich.

Die Metalle im Boden.

Von all diesen Metallen verdient in der forstlichen Bodenkunde nur das **Eisen** eine nähere Würdigung.

Eisen.

Das Eisen findet sich im Boden als Oxydul, Oxyd oder Oxyduloxyd, oder diese Oxydationsstufen bilden Verbindungen mit Säuren, von denen schon bei den Salzen die Rede war. Das freie Eisenoxyd kann dem Boden in großer Menge beigemengt sein, ohne daß es einen nachtheiligen Einfluß darauf äußert; im Gegentheil enthalten die meisten besseren Bodenarten viel Eisenoxyd. Es theilt nämlich, wie schon angegeben wurde, mit der Thonerde die Eigenschaft, mit dem Ammoniak feste Verbindungen einzugehen und dasselbe aus der Luft anzuziehen. Nach Chevallier bildet das Ammoniak einen Bestandtheil aller eisenhaltigen Mineralien und ist selbst in dem nichts weniger als porösen Blutstein zu einem Procent enthalten. Der eisenhaltige, rothe Sand (Fuchssand) zeichnet sich dagegen durch seine Unfruchtbarkeit aus, das Eisenoxyd bildet hier ein Silicat und scheint sich also in seiner Wirkung den übrigen Eisensalzen anzuschließen.

Das Eisenoxydul soll sich häufiger als das Oxyd nachtheilig zeigen. Es scheint die Zersetzung des Humus durch seine bedeutende Verwandtschaft zum Sauerstoff zu hindern, wie auch die schweflige Säure vor Gährung und Fäulniß durch Sauerstoffentziehung schützt. Dufourd[2]) hat sogar einen eisenhaltigen Syrup als höchst zweckmäßig zur Aufbewahrung des Fleisches empfohlen. Ich fand, daß Eisenoxydul in einer mit Fleisch und Hefe versetzten Stärkelösung zwar die Zuckerbildung und Weingährung bei der Stärke, nicht aber die Fäulniß des Fleisches eintreten ließ, welche unter denselben Verhältnissen ohne Eisen sehr bald erfolgte. Dies steht aber mit der früher angeführten Thatsache, daß organische Körper schwefelsaures Eisenoxydul und selbst Gyps vollständig zu Schwefelverbindungen zu reduciren vermögen, durchaus nicht in Widerspruch, wenn man bedenkt, daß in diesem Falle die Verwandtschaft des Schwefels zum Calcium und noch mehr zum Eisen mitwirkt.

Nach Gries bringen die löslichen Eisensalze, wenn sie von den Wurzeln oder den Blättern der Pflanze absorbirt werden, eine Vermehrung des Chlorophylls hervor, besonders bei chlorotischen Exemplaren. Auf die Wachsbildung wenigstens kann das Eisenoxydul dem Licht analog wirken, insofern es desoxydirt oder wenigstens Oxydation hindert. Auch im

---

1) Die Kieselsäure läßt sich schon aus dem häufigen Vorkommen von Equisetum palustre und Restern von weißen Infusorienpanzern (Kieselguhr) erkennen.

2) Moniteur industriel. 1843. S. 755; Dingler's polytechn. Journ. 90. S. 228.

Allgemeinen sollen nach Gries die Eisenoxydulsalze das Wachsthum befördern, besonders bei Topfgewächsen [1]).

Mangan. **Das Mangan** bildet einen steten Begleiter des Eisens, es fehlt daher kaum in einer Bodenart, kommt jedoch in der Regel nur als eine Spur, oder höchstens als wenige Procente, in Verbindung mit Säuren, besonders Kohlensäure, als Oxydulsalz, für sich aber als Oxyd vor. Seine Wirkungsweise auf die Vegetation ist bei seiner kleinen Menge noch nicht ermittelt worden, scheint sich aber nach seinem, dem Eisen sonst ganz analogen Verhalten demselben auch in dieser Beziehung unmittelbar anzuschließen.

Die Metalloxyde sind wegen ihrer dunklen Farbe einer bedeutenden Erwärmung fähig, tragen daher zur Erwärmung des kalten Thonbodens wesentlich bei und mindern, vermöge der schwachen Anziehung zum Wasser und durch ihre geringe Cohäsion, die Zähigkeit dieses Bodens. Zu viel Eisenoxyd macht natürlich den Boden zu hitzig und zehrend.

Humus. **Der Humus** ist einer der wichtigsten Bodenbestandtheile sowohl in chemischer Beziehung als eine Hauptquelle der Pflanzennahrung, als auch in physikalischer Hinsicht, insofern er die Aufnahme der Nahrungsstoffe durch die Wurzel überhaupt auf vielfache Weise befördert und endlich, weil er der einzige Bestandtheil des Bodens ist, durch dessen Entfernung oder Beibringung, Verminderung oder Vermehrung und Verbesserung der Forstwirth den Ertrag der Wälder zu erhöhen vermag.

Die Humusbildung. Die abgestorbenen Theile der Holzpflanzen, die jährlich abfallenden Blätter und Reiser, die im Boden zurückbleibenden Wurzeln der Holzpflanzen, die absterbenden Gräser und Kräuter, Moose und Flechten liefern unter geeigneten Umständen den Humus des Waldbodens.

Der Hauptbestandtheil dieser Pflanzenstoffe, der Faserstoff oder die Cellulose, verwandelt sich unter Abscheidung von Kohlensäure und Wasser in Ulminsäure:

	C	H	O
2 Atome Cellulose	48	84	42
1 At. Ulminsäure	40	28	12
8 At. Kohlensäure	8		16
14 At. Wasser		28	14
	48	56	42

Die von den 84 Atomen Wasserstoff übrig bleibenden 28 At. verbinden sich im Augenblicke des Freiwerdens (in statu nascenti) mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak.

Die Ulminsäure geht unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft und Ausscheidung von Wasser in Huminsäure über:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
2 Atome Sauerstoff			2
Huminsäure	40	24	12
2 Atome Wasser		4	2

1) Compt. rend. 21. S. 1386—1387; pharm. Centralbl. 1846. S. 239.

Die Huminsäure liefert durch neue Oxydation Geïnsäure:

	C	H	O
Huminsäure	40	24	12
2 Atome Sauerstoff			2
Geïnsäure	40	24	14

Oder die Cellulose geht in Ulmin-, Quellsatz- und Quellsäure zugleich über, unter Abscheidung von Kohlensäure, Wasser und Wasserstoff:

	C	H	O
5 At. Cellulose	120	210	105
Ulminsäure	40	28	12
Quellsatzsäure	48	24	24
Quellsäure	24	24	16
37 At. Wasser		74	37
8 At. Kohlensäure	8		16
60 At. Wasserstoff		60	
	120	210	105

Die Ulminsäure kann nun gleichfalls in Quellsatzsäure und Quellsäure übergehen, unter Abscheidung von Kohlensäure und Wasserstoff:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
Quellsatzsäure	48	24	24
Quellsäure	24	24	16
	112	76	52
172 At. Sauerstoff aus der Luft			172
	112	76	224
112 At. Kohlensäure	112		224
76 At. Wasserstoff		76	
	112	76	224

Oder sie verwandelt sich gleichfalls unter Bildung von Kohlensäure und Abscheidung von Wasserstoff ganz in Quellsäure:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
36 At. Sauerstoff aus der Luft			36
	40	28	48
Quellsäure	24	24	16
16 At. Kohlensäure	16		32
4 At. Wasserstoff		4	
	40	28	48

Der Wasserstoff, welcher nach diesen verschiedenen Verstellungsweisen frei werden muß, oxydirt sich zwar wahrscheinlich größtentheils zu Wasser, unterstützt jedoch auch die Ammoniakbildung.

Der Sauerstoff der im Erdboden enthaltenen Luft oxydirt den Wasserstoff und Stickstoff des aus dem Stickstoff der Luft und dem Wasserstoff der Fäulniß gebildeten Ammoniaks und erzeugt daraus Wasser und Salpetersäure. Dieselbe verschwindet aber sogleich wieder, indem sie mit

der Humussäure quellsatzsaures Ammoniak und Kohlensäure bildet. Diese Umwandlung der Humussäure in Quellsatzsäure geschieht natürlich, wie die Ammoniakbildung, immer nur in kleinen Theilen. Oder: es entsteht keine Salpetersäure, sondern das Ammoniak veranlaßt nur, vermöge seines Strebens nach Salpeterbildung, den Sauerstoff der Luft im Boden, die Humussäure zu Quellsatzsäure zu oxydiren. Wo hingegen kein Überschuß von organischen Substanzen vorhanden ist, da entsteht Salpetersäure, die sich mit den Alkalien oder alkalischen Erden des Bodens verbindet.

Durch dieses Streben von Seite des Ammoniaks, Salpeter zu bilden, verwandelt sich endlich auch die Quellsatzsäure in Quellsäure:

	C	H	O
1 At. Quellsatzsäure	48	24	24
1 At. Quellsäure	24	24	16
	24		8
der Sauerstoff von 8 At. Salpetersäure			40
24 At. Kohlensäure	24		48

Wie der Humus wirkt in dieser Beziehung auch die Holzkohle, daher ihre günstige Einwirkung auf die Vegetation.

Zu starker Luftzutritt mit zu wenig Feuchtigkeit

Zur Bildung des Humus ist vor Allem Feuchtigkeit und eine gemäßigte Einwirkung des Sauerstoffs der Luft nothwendig. Bei Mangel an Feuchtigkeit bildet sich kein Humus, durch den zu sehr begünstigten Luftzutritt erfolgt die Fäulniß mit zu großer Heftigkeit, aller Kohlenstoff oxydirt sich und entweicht mit Hinterlassung eines geringen aschenähnlichen Rückstandes (Stauberde) fast vollständig als Kohlensäure. So geschieht es in den lichten Birkenbeständen von höherem Alter, an den freien Sommerhängen &c.

und

zu viel Feuchtigkeit mit zu geringem Luftzutritt verhindern die Humusbildung.

Zu viel Feuchtigkeit dagegen und demnach zu geringer Luftzutritt erschwert für den Kohlenstoff die Oxydation so sehr, daß sich dieselbe fast nur auf den Wasserstoff beschränkt. Letzterer aber wird verhältnißmäßig in weit größerer Menge oxydirt, als dies sonst bei mäßigem Luftzutritt der Fall ist. Es bleibt ein Rückstand, welcher sich dem reinen Kohlenstoff um so mehr nähert, je vollständiger der Luftzutritt verhindert ist, es entsteht so der Torf. Es scheint dies darauf zu beruhen, daß bei Luftzutritt die erleichterte Gasbildung zur Erzeugung von Kohlensäure prädisponirt, während der stärkere Druck des Wassers das Bestreben nach Expansion mehr unterdrückt, so, daß der Sauerstoff ungehindert mit jenem Körper in Verbindung tritt, zu welchem er eine größere Verwandtschaft besitzt, nämlich mit dem Wasserstoff, womit er keine gasförmige, sondern eine tropfbar flüssige Verbindung bildet, nämlich das Wasser. Im ersteren Falle verschwindet also der Humus im Boden, indem er als Kohlensäure entweicht, oder wie man sich ausdrückt, der Humus verflüchtigt. Im letzteren Falle entsteht ein kohlenstoffreicher Humus, dessen Unauflöslichkeit mit dem Kohlenstoffgehalte desselben zunimmt.

Verflüchtigung des Humus.

Wasser, welches einen fortwährenden Zu- und Abfluß hat, äußert in weit geringerem Grade jenen schädlichen Einfluß auf die Humusbildung. Die verwesenden Stoffe finden in dem sich stets erneuernden Wasser weit

leichter die zur vollständigen Oxydation hinreichende Menge atmosphärischer Luft, als in stehendem Wasser.

Da der Luftgehalt des Regenwassers mehr in Kohlensäure, als in atmosphärischer Luft besteht, so befördert der Regen die Zersetzung der organischen Stoffe weniger und es ist auf diese Weise dafür gesorgt, daß dem Boden nicht durch jeden starken und andauernden Regen große Mengen dieses Nahrungsstoffes durch Auslaugen entführt werden.

Da ferner die Auflöslichkeit mit der Temperaturerniedrigung abnimmt, so sinkt demnach im Winter, wo die Vegetation ruht, auch die Auflösung des Humus auf ein Minimum herab.

Die Auflöslichkeit des Humus als Humussäure in den Alkalien und Erden, aus denen sie sogar die Kohlensäure verdrängt, macht den Nutzen erklärlich, welcher aus der Versetzung des Moor- und Sumpfbodens mit Erden entspringt. Die Zersetzung des Humus erfolgt demnach auch am kräftigsten durch die Alkalien, weniger durch die alkalischen Erden und am wenigsten durch die Thonerde. Sie würde aber beim Thon in noch weit geringerem Maße stattfinden, wäre dessen Wirksamkeit nicht durch seinen Kali- oder Natrongehalt einigermaßen unterstützt.

Humusextrakt

Was man gewöhnlich mit dem Namen **Humusextrakt** bezeichnet, ist nichts Anderes, als die Auflösung der im Boden enthaltenen humus-, geïn-, quell- und quellsatzsauren Salze.

Außer den Humussäuren und ihren Salzen löst die Feuchtigkeit auch die bei Zersetzung des Humus entwickelte Kohlensäure auf und führt sie den Wurzeln zu. Auf der anderen Seite bildet nach Einhof das kohlensaure Wasser auch für den Humus selbst wieder ein besseres Auflösungsmittel, als reines Wasser.

Nicht blos durch eine größere oder geringere Menge Feuchtigkeit wird die Humusbildung verhindert oder befördert, sondern sie ist ebenso abhängig von der Abänderung des Luftzutritts durch die Porosität des Bodens. Sie erfolgt demnach früher in einem lockeren, als festen Boden, früher in einem Erdreich von grobem, als feinem Korn, ebenso auch früher in entblößtem, als mit Pflanzen bedecktem Erdreich.

Physikalisches Verhalten des Humus.

Die chemische Wirkung des Humus wurde bereits bei der Pflanzenernährung erörtert, was aber sein physikalisches Verhalten betrifft, so besitzt der Humus unter allen Bodenbestandtheilen die größte Wasseraufnahmsfähigkeit, indem der gereinigte Waldhumus über 200 Procent seines eigenen Gewichts Feuchtigkeit aufzunehmen vermag, ohne naß auszusehen, ohne Wassertropfen erkennen zu lassen. Er zieht ferner mehr als alle mineralischen Bestandtheile des Bodens, die Feuchtigkeit aus der Luft und aus der Bodenunterlage an, hält demnach das ganze Bodengemenge, worin er sich befindet, feucht, während seine Lockerheit den Luftwechsel in der Erde in hohem Maße begünstigt. Im strengen Boden wirkt der Humus günstig durch Minderung des Zusammenhanges vermöge seiner Lockerheit, im leichten Boden vermittelt er durch seine feine Zertheilung den Zusammenhang der Sandtheile, indem er die Zwischenräume derselben ausfüllt, dadurch

Ein Übermaß von Thon wirkt nachtheilig 1) durch zu langes Festhalten der Feuchtigkeit bei nassem Wetter und Klima, wo er leicht Versumpfungen veranlaßt. Die meisten Sümpfe, Moore, Seen und Brücher des Moorbodens entstehen auf diese Weise. Es muß hier durch Anlegung von Abzugsgräben oder durch Beförderung des Luftwechsels (Auslichtung der Bestände, Entfernung der Pflanzendecke, Sumpfmoose) gesorgt werden. 2) Durch sein schnelles Erkalten bei abnehmender Temperatur, was mit seinem größeren Feuchtigkeitsgehalte und mit der Rauhheit seiner Oberfläche (gegen die der Kieselerde) im Zusammenhange steht. Er bildet daher einen kalten Boden. Durchs Glühen wird die wasserhaltende Kraft so weit gemindert, daß sie nach dem Glühen bei grob gepulvertem Thon 46, und bei feinem 60 beträgt, wenn sie bei ungeglühtem 70% betrug. Auch der Zusammenhang wird dabei von 160 auf 10 verringert. Schübler. Außerdem bewirkt das Erhitzen auch eine chemische Veränderung. So lösen nach Stöckhardt Wasser und verdünnte Salzsäure aus 100 Theilen frisch gegrabenen Lehms nur 2⅙ Loth auf, aus demselben nach dem Erhitzen bis 150° dagegen 6⅚, bei mäßigem Glühen 26½, bei starkem Glühen 29 Loth. 3) Wirkt ein Übermaß des Thons nachtheilig durch zu starkes Erhärten bei trockener Witterung, was die Ausbreitung der Wurzeln hindert. 4) Durch Spalten beim Austrocknen in der Hitze des Sommers und Ausfrieren in der Kälte des Winters, wodurch die Wurzeln theils zerreißen, theils bloßgelegt werden. 5) Er bindet die organischen Stoffe zu stark und gibt sie daher nur schwierig ab.

Bei der Beurtheilung des Bodens muß daher besonders das Verhältniß des Thons zu den anderen Bestandtheilen berücksichtigt werden, namentlich zum Kalk. 37 bis 40% ist das beste Verhältniß desselben zu allen übrigen Bestandtheilen. Besonders aber kommen hierbei auch klimatische Verhältnisse mit in Betracht. So kann der in einem trockenen Klima unfruchtbare sandreiche Thon in einem nassen sehr fruchtbar sein, und umgekehrt vorwaltender Thon für ein nasses Klima zu kalt, für ein warmes aber der Vegetation sehr günstig sein.

Kalkerde. Die **Kalkerde** kommt im Boden theils als kohlensaure Verbindung vor, theils als schwefelsaure oder Gyps.

Die **kohlensaure Kalkerde** ist als solche in Wasser fast unauflöslich (1 in 16000), löst sich aber durch Umwandlung in doppeltkohlensaure Kalkerde ($\dot{Ca}\ddot{C}_2$) in kohlensäurehaltigem Wasser, und nach der Verbindung mit Humussäure als humussaurer Kalk in 2000 Theilen kaltem Wasser auf und geht in diesen Verbindungen in die Pflanze über, worin er (wenigstens bei den Hölzern) die Hälfte der anorganischen Bestandtheile ausmacht. Dieses Vorwalten der Kalkerde unter den anorganischen Bestandtheilen der Pflanze beruht einestheils auf der großen Verbreitung derselben im Boden; anderntheils auf dem Umstand, daß er zur Humussäure eine größere Verwandtschaft besitzt, als Kali, Natron und Ammoniak; jene Basen dagegen, welche den Kalk an Verwandtschaft zur Humussäure übertreffen,

Magnesia, Eisen- und Manganoxydul, in weit geringerer Menge vorkommen; Thonerde sich aber nur in Verbindung mit Kieselsäure vorfindet, welche weit schwieriger zersetzt wird, als die kohlensaure Verbindung der Kalkerde.

Wegen der raschen Auflösung des Humus durch den Kalk, heißt man den Kalkboden einen thätigen Boden. Wenn er fruchtbar sein soll, muß er viel Humus enthalten. Es muß daher auf diesem Boden nicht blos für dichte Bewaldung, sondern auch für eine Holzart von dichtem Schluß und Blattreichthum gesorgt werden und diesen Anforderungen entspricht die Rothbuche am besten, welcher auch der Kalkboden besonders zusagt.

Nächst dem Sande hat die Kalkerde die geringste Zusammenhangskraft und bildet demnach einen lockeren, leichten, der Wurzelausbreitung günstigen, wenig bindenden Boden, gestattet aber wegen ihrer feineren Zertheilung einen geringeren Luftwechsel, als der Sandboden, welchen jedoch eine Beimengung von Sand vermittelt.

Rücksichtlich ihres Verhaltens zur Feuchtigkeit hält die Kalkerde zwischen Kieselerde und Thonerde die Mitte und ist in dieser Beziehung im reinen Zustande der Vegetation nicht günstig. Sie faßt, je nach ihrer geringeren oder größeren Vertheilung, nur 25—40% ihres Gewichtes Wasser, welches sie durch Versenkung in die Tiefe und Verdunstung bald wieder verliert, und dabei besitzt sie auch das Vermögen, Wasser aus der Luft anzuziehen, in sehr geringem Grade.

Von der Sonne wird die Kalkerde, nächst der Kieselerde, am wenigsten erwärmt, weil das aufgenommene Wasser nicht, wie bei der Thonerde, alles zu verdunsten braucht, sondern zu einem großen Theile in die Tiefe sinkt, sie verliert auch die Wärme nicht viel schneller, als der Sand, da sie wegen ihrer Trockenheit ein schlechter Wärmeleiter ist. Der Kalk bildet daher einen sogenannten heißen oder hitzigen Boden.

An und für sich bildet daher die Kalkerde einen trockenen, warmen, meist humusarmen, unfruchtbaren Boden. Eine hinreichende Beimengung von Thonerde und Humus vermag sie indessen zu einer der fruchtbarsten Bodenarten zu machen; so reicht hierzu schon ein Lehmgehalt von 30—40% hin, und eine Beimengung von 10% Lehm bildet damit bei einigem Humusgehalt einen mittelmäßig guten Waldboden.

Mergel.

Ist der Kalkboden mit so viel Thon und Sand gemengt, daß der Gehalt an kohlensaurem Kalk 20% nicht übersteigt, so heißt er **Mergel**. Beträgt der Sandgehalt 60—70%, so nennt man das Gemenge sandigen Mergel. Steigt der Thongehalt auf 20—40%, so heißt es lehmiger, bei 50—60% thoniger Mergel. Die Mergelarten, namentlich aber der lehmige und thonige, bilden einen sehr fruchtbaren Boden, weil hier die Mengung in einem Verhältnisse stattfindet, in welchem die nachtheiligen Eigenschaften der einzelnen Gemengtheile sich gegenseitig aufheben.

Krocker, welcher auf Liebig's Veranlassung 7 verschiedene Arten Mergel untersuchte, fand darin:

ist, mit dem unterliegenden Boden gemengt werden. Grasarten über der Stauberde sind sorgfältig zu erhalten.

Abstringirender Humus.

Der **abstringirende Humus** oder **Haideboden** entsteht, wo bei der Verwesung gerbstoffreicher oder abstringirender Vegetabilien (weil sie einen abstringirenden oder zusammenziehenden Geschmack besitzen) der vorhandene Gerbstoff längere Zeit der Zersetzung widersteht. Dies geschieht aber nur bei gleichzeitiger Gegenwart von Harz und Wachs. Eichen- und Birkenhumus enthält daher kaum Spuren davon, wohl aber der von dem harzreichen Haidekraut, vom Kienporst, von den Alpenrosen 2c., wo der bis 12% steigende Gehalt des Bodens an Wachsharz die zersetzende Einwirkung der Luft auf den Gerbstoff hindert oder schwächt.

Ohne besondere Cultur gedeihen im Haideboden nur die Pflanzen, welche ihn erzeugen; bei gutem Untergrund auch die Eiche und Birke. Er wird durch Auflockerung und Feuerdüngung verbessert. Man verbrennt deshalb die Haide und überläßt den Boden einige Jahre der Ackercultur, wonach er besonders der Kiefer entspricht.

Das Wasser als Bestandtheil des Bodens.

Das **Wasser** ist unter allen Bestandtheilen des Bodens der wichtigste. Es bildet einen Bestandtheil der Pflanze und alle Bodenbestandtheile, welche eine Nahrung der Pflanze bilden, sind dies nur durch das Wasser, nur im aufgelösten Zustande, sie alle sind ohne Wasser unfruchtbar und ihr Werth für die Vegetation beruht vor Allem auf ihrem Verhalten zum Wasser.

Das Wasser wird aber nicht allein als Nahrungsmittel und als Lösungsmittel für die übrigen Nahrungsstoffe von den Pflanzen aufgenommen, sondern es ist auch unentbehrlich zur Entwickelung der Pflanzennahrung, es bewirkt durch Ausziehen gewisser Substanzen nicht blos die Zersetzung der mineralischen Bodenbestandtheile, die Verwitterung der Gesteine, sondern es vermittelt auch die Zersetzung organischer Stoffe, die Verwesung.

So wohlthätig und unentbehrlich aber auch ein mäßiger Grad von Feuchtigkeit für die Beschaffenheit des Bodens ist, so nachtheilig wirkt ein Übermaß derselben durch Abhaltung der Luft, wodurch es die Entwickelung der Pflanzennahrung aus den abgestorbenen Wurzeln im Torf- und Sumpfboden verhindert. Es wirkt auf die Wurzeln der Pflanzen, welche einen trockenen Boden verlangen, nachtheilig, auflösend und zersetzend ein; es verursacht ferner das Auffrieren des Bodens, wodurch es die Auflöslichkeit der Humussäure vernichtet, und macht durch die starke Verdunstung den Boden **kaltgründig**.

Man unterscheidet f e u c h t e n und n a s s e n Boden. Er heißt **feucht**, wenn er nur so viel Feuchtigkeit enthält, daß hierdurch der Luftzutritt nicht aufgehoben wird, **naß** dagegen, wenn alle Zwischenräume so mit Wasser ausgefüllt sind, daß die Luft vollständig abgeschlossen ist. Auf nassem Boden gedeihen nur wenige Holzpflanzen, wie Erlen und Weiden; der feuchte sagt allen zu.

Man unterscheidet ferner eine s t e h e n d e (s t a g n i r e n d e) und w e c h s e l n d e Bodenfeuchtigkeit. Erstere findet sich in der Nähe von Seen und

Flüssen, deren Wasserspiegel mit dem des Bodens in gleicher Höhe steht. Wechselnd feucht ist der Boden, welcher das durch Regen, Schnee, Anstemmungen und Überschwemmungen erhaltene Wasser durch Verdunstung oder Abfluß leicht wieder abgibt. Wechselnde Feuchtigkeit ist dem Boden nachtheiliger, als stehende, indem sie dem Boden seine auflöslichen Bestandtheile durch Auslaugen entführt; stehende Nässe ist dagegen ungünstiger, als wechselnde, weil hier Luftzutritt nur durch Abfluß oder Verdunstung des Wassers möglich wird. Je nach dem geringeren oder größeren Wechsel der Feuchtigkeit oder Nässe, heißt der Boden beständig und unbeständig feucht oder naß.

Der Boden heißt grundfeucht oder grundnaß, wenn er seine Feuchtigkeit aus der Tiefe oder aus benachbarten Gewässern, und luftfeucht oder luftnaß, wenn er seine Feuchtigkeit lediglich durch atmosphärische Niederschläge erhält. Luftfeuchter Boden ist günstiger als grundfeuchter, wenn das Klima feucht und die Bodenbestandtheile von der Art sind, daß sie die Erdkrume auch bei trockener Witterung lange feucht erhalten, indem das Luftwasser dem Boden zugleich Kohlensäure und Ammoniak zuführt; grundfeuchter Boden ist dagegen bei trockenem Klima und wenig wasserbindendem Boden fruchtbarer, da er so eine gleichförmigere Feuchtigkeit erhält.

Eintheilung des Bodens nach Feuchtigkeit.

Je nach den Bestandtheilen des Bodens, welche die Luftfeuchtigkeit anziehen, heißt er erd- oder humusfeucht, und wenn die Unterlage die Anziehung veranlaßt, gesteinfeucht.

Nach dem Grade der Feuchtigkeit unterscheidet man:

1) **Nassen Boden**, wenn die oberste Erdschichte auch im Sommer durch den Druck mit der Hand das Wasser in Tropfen abgibt.

2) **Feuchten Boden**, wenn die Oberfläche das Wasser nicht mehr tropfenweise abgibt, aber der Boden nie über einen Zoll tief trocken wird, im Frühling die Pflanzlöcher Wasser ziehen.

3) **Frischen Boden**, wenn die Pflanzlöcher kein Wasser mehr ziehen, aber der Boden im Sommer nie über ½ Fuß tief abtrocknet.

4) **Trockenen Boden**, wenn er im Sommer eine Woche nach dem letzten durchnässenden Regen 1 Fuß und tiefer austrocknet.

5) **Dürren Boden**, wenn er schon in einigen Tagen so weit austrocknet.

Bruch, Moorgrund, Torf.

Der nasse Boden heißt **sumpfig**, wenn sich nach einem mäßigen Regen alle Vertiefungen mit Wasser füllen, so daß es in die Fußstapfen der Menschen und Thiere einquillt. Ist ein solcher Boden mit vielen ganz- oder theilweise zersetzten Pflanzenresten gemengt und zeigt eine schwammige Consistenz, so heißt er **Bruch**, oder **Moorgrund**. Gewinnt eine solche Beimengung die Oberhand, so verwandelt sich der Boden in **Torf**.

Verhalten des Bodens zur Luft.

So unentbehrlich das Wasser als Lösungsmittel für die Nahrungsstoffe ist, welche die Pflanze aus dem Boden erhält, so wichtig ist die **atmosphärische Luft** als chemisches Agens für den Boden. Sie wirkt hier in dreierlei Beziehung; einmal unmittelbar, als Sauerstoff und Kohlensäure

in die Pflanze übergehend, dann durch Oxydation des Humus, um ihn assimilirbar zu machen, und endlich durch gleichzeitige Bildung von Kohlensäure aus dem Humus, welche ebenfalls von der Pflanze aufgenommen wird.

Die Aufnahme der atmosphärischen Luft vom Boden wird vermittelt 1) durch die Porosität desselben, 2) durch häufige Befeuchtung des Bodens vom Regen, und 3) durch die ungleiche Erwärmung der Luft des Bodens und der der Atmosphäre.

Alle Körper besitzen je nach ihrer Natur eine größere oder geringere Adhäsionskraft für Gasarten, wodurch sie sich ineinander selbst und in den tropfbaren Flüssigkeiten vertheilen, auflösen, bei den festen aber sich an der Oberfläche anhäufen, verdichten. So verdichtet ein Platinblech, wenn seine Oberfläche vollkommen gereinigt ist, Sauerstoff und Wasserstoff bis zu dem Grade, wo sie sich zu Wasser zu verbinden vermögen. Wird die Oberfläche der Körper durch Porosität vermehrt, so nimmt auch die Menge der durch sich verdichtbaren Luft zu (vgl. S. 149). Einer der porösesten Körper, die Kohle zeichnet sich vorzüglich durch diese Gasabsorption aus; ein Volum Buxkohle verschluckt 90 Volume Ammoniakgas, 55 Chlorwasserstoffgas, 35 Kohlensäure und ebensoviel Sumpfgas, 9¼ Sauerstoff-, 7½ Stickstoff- und 1¾ Wasserstoffgas. Der Boden wird also um so kräftiger die gasigen Stoffe: Kohlensäure, Sauerstoff, Ammoniakgas und demnach auch Wasserdunst aus der Luft anziehen, je lockerer und poröser er im Ganzen ist, je mehr poröse Bestandtheile in ihm vorwalten, und es nimmt in dieser Beziehung der Humus die erste Stelle ein. Obgleich die Holzkohle bei ihrer Unlöslichkeit keine nährenden Bestandtheile an die Pflanze abzugeben vermag, so hat sie sich doch nach den Versuchen von Lucas als besonders vortheilhaft für die Vegetation erwiesen und scheint insbesondere gewissen Pflanzen äußerst günstig zu sein, weshalb man auch auf verlassenen Kohlenmeilern eine ganz bestimmte sich stets gleich bleibende Vegetation findet, wozu namentlich Marchantia polymorpha und Funaria hygrometrica gehören (vgl. auch S. 544 und 553).

Was den Luftwechsel im Boden bewirkt.

Wenn das Wasser der atmosphärischen Niederschläge den Boden erreicht, so bringt es in denselben ein, indem es die specifisch leichtere Luft daraus vertreibt. Es erhält sich indessen nur kurze Zeit daselbst, indem es theils in die dichteren Schichten versinkt, theils durch die Oberfläche verdunstet. Dadurch werden die Poren wieder offen und es dringt wieder Luft in dieselben ein. Die vom Boden und den Pflanzenwurzeln erschöpfte Luft wird demnach durch den Regen durch neue ersetzt. Die sichtliche Erfrischung der schmachtenden Pflanzen durch den Regen mag also nicht allein dem Ersatze der fehlenden Feuchtigkeit, sondern auch der Erneuerung der vom Boden angesogenen Luft zuzuschreiben sein.

Eine andere Veranlassung zum Luftwechsel im Boden ist die ungleiche Temperatur der Luft des Bodens und der der Atmosphäre. Der Boden leitet, namentlich im feuchten Zustande, die Wärme besser als die Luft. Die in den oberen Schichten des Bodens befindliche Luft, welche so vielseitig mit guten Wärmeleitern in Berührung steht, muß sich daher bei

Sonnenschein stärker erwärmen, als die außer dem Boden befindliche. Diese durch die Erwärmung specifisch leichter gewordene Luft wird sonach fortwährend durch neue kühlere, und sonach specifisch schwerere Luft verdrängt. Die Abkühlung, welche sowohl durch diese Lufterneuerung, als durch die Verdunstung des Wassers erfolgen müßte, wird fortwährend durch die Wärme der unteren Bodenschichten ausgeglichen, so daß die Temperatur der Luft des Bodens auch außer dem Sonnenschein immer über der der äußeren Luft bleibt.

Tiefe des Bodens.

Auch die Tiefe des Bodens ist sehr verschieden, und es paßt daher auch in dieser Beziehung nicht jeder Boden für alle Pflanzen. Ein Boden von weniger als 3 Zoll Tiefe ist für die künstliche Production der größeren Pflanzen, wie der Bäume, ganz untauglich und vermag nur kleinere Pflanzen, wie Gräser, Moose, Flechten 2c. zu ernähren, bis endlich beim Mangel an Krume alle Vegetation aufhört.

Man stellt nach der Tiefe gewöhnlich folgende Eintheilung auf: Sehr tief, über 12″; tief von 9—12″; mitteltief von 6—9″; seicht von 3—6″ und sehr seicht 1—3″.

Einfluß der Bodentiefe auf den Waldbau.

Die für Holzgewächse erforderliche Bodentiefe ist sehr verschieden und erstreckt sich bei manchen auf 4—6 Fuß. Die Wurzeln der Kiefer, Eiche 2c. gehen in die Tiefe, während sich die der Buche, Fichte 2c. mehr in der Oberfläche des Bodens ausbreiten. Erstere verlangen daher einen tieferen Boden, als letztere. Erstere wachsen auf flachem Boden kümmerlich und sterben frühe ab, während letztere in demselben ein hohes Alter erreichen.

Dem tiefen Waldboden ist eine größere Stammzahl, ein dichterer Bestand und Schluß eigen, weil die Wurzeln selbst der flachwurzelnden Holzarten in die Tiefe gedrängt werden und sich gegenseitig nicht in dem Grade hindern, als wenn sie durch Flachgründigkeit auf die wagerechte Ausbreitung beschränkt sind. Daher stellen sich auf flachem Boden die Bestände weit früher licht.

Die Nachtheile des seichten Bodens werden um so auffallender, je älter die Bäume werden, je größeren Raum sie bei zunehmendem Alter bedürfen. Sie treten dagegen um so weniger hervor, je mehr Nahrungsstoffe die darauf gezogene Holzart geeignet ist, der Luft zu entnehmen. Buche, Fichte und Kiefer stehen hierin allen anderen Holzarten voran, und wenn letztere einen tieferen Boden verlangt, so liegt dies allein an ihrer Wurzelbildung.

Ursachen der Bodentiefe.

Die Bodentiefe hängt ab von den zur Verwesung bereit liegenden Pflanzenabfällen, von der Verwitterbarkeit des unterliegenden Gesteins und von der Höhe und Form der Berge und Ebenen.

In gut bestandenen, geschlossenen, gegen Streubezug geschützten Wäldern finden sich die reichlichsten Abfälle und der tiefgründigste Boden.

Alle schwer verwitterbaren Gesteinarten haben über sich eine seichte Krume, wenn derselben nicht eine beträchtliche Menge verwesender Pflanzenstoffe zu Hilfe kommt.

Bei einer Neigung von mehr als 40 Graden sind die Felsen von Erde und Rasen entblößt und nur von Flechten und Moosen bedeckt. Die durch Verwitterung aus den Felsen gebildete Erdkrume vermag sich nicht zu erhalten und sinkt schon nach dem Gesetze der Schwere, noch mehr aber durch Schnee, Regen und Wind ins Thal hinab, oder in Unebenheiten und Spaltungen der Felswände. Nur an diesen können sich dann zuerst Pflanzen höherer Art ansiedeln, man sieht daher Berghänge horstweise mit Holzpflanzen bewachsen, die so steil sind, daß sich daran keine Grasnarbe zu bilden vermag. Je geringer der Neigungswinkel, um so mehr wird die Bodenbildung gefördert. In Thälern vermehrt sich die Bodenkrume noch bedeutend durch die von den benachbarten Bergen durch Regengüsse abgeschwemmte Erde.

Einfluß der Bodenbestandtheile auf den Holzwuchs.

Die Einwirkung der Bodenbestandtheile auf die Vegetation ist sowohl eine **unmittelbare**, als **mittelbare**.

Unmittelbare Einwirkung der Bodenbestandtheile auf den Holzwuchs.

Die **unmittelbare** besteht darin, daß die Bodenbestandtheile selbst den Pflanzen zur Nahrung dienen, wie bereits oben gezeigt wurde. So wie es eine in der Landwirthschaft bekannte Thatsache ist, daß Schwefelsäure und Gyps besonders den Hülsenfrüchten, Kieselerde besonders den Gräsern, unter letzteren aber wieder dem Weizen mehr der Kalk zusagt, so bedürfen unter den Holzarten Kiefer, Eiche und Birke mehr der Kieselerde, sie gedeihen in einem armen Sandboden, wie z. B. in dem der Lüneburger Haide noch ganz gut, während sie in reinem Kreideboden, dem die Kieselerde oft ganz fehlt, nicht gut fortkommen. Buchen gerathen nur, wo sie Kalk und Talk finden, auch die Ahorne und Kirschen kann man zu den Kalkbäumen zählen, wenn es auch unter den Bäumen keine so bodenstete für den Kalk gibt, wie unter den krautartigen Gewächsen. Diese Vorliebe für den einen oder anderen Bodenbestandtheil gibt sich auch gewissermaßen schon aus den Aschenbestandtheilen der Hölzer zu erkennen. Indessen scheint nicht gerade immer der vorwaltende Bestandtheil der Asche mit dem des Bodens übereinzustimmen, auf welchem eine Holzart vorzugsweise gedeiht. So zeigt die Asche der Kiefer, welche ein eigentliches Sandholz ist und auf Kalkboden weit weniger gedeiht, einen nur unbedeutenden Gehalt an Kieselerde, einen beträchtlichen dagegen an Kalk- und Talkerde.

Mittelbare Einwirkung der Bodenbestandtheile auf den Holzwuchs.

Dieser scheinbare Widerspruch findet seinen Grund in der **mittelbaren** Einwirkung der Bodenbestandtheile auf die Vegetation. Sie besteht in einer gegenseitigen Einwirkung der Bodenbestandtheile auf einander selbst, in ihrem Verhalten zur Luft und zum Wassergehalte derselben, zu Wärme und Licht rc. Das Vorwalten des Sandes macht den Boden trocken, der Thon feucht, bei mäßiger Menge frisch, namentlich als Untergrund. Die Kalkerde macht in überwiegender Menge den Boden leicht trocken, weil sie das Wasser durchläßt, doch wird dies wieder bedeutend dadurch gemindert, daß sie viel Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Hruschauer hat indessen gezeigt[1]), daß man diese scheinbare Anomalie, Pflanzen auf Gebirgsarten, denen sie nicht eigenthümlich angehören, z. B. kalkstete Pflanzen auf Gneis und Glimmerschiefer und dem Thonschiefer rc. angehörige Pflanzen auf Kalkboden wachsen zu sehen, nicht ausschließlich den physikalischen Eigenschaften des Bodens zuschreiben dürfe, welche bei zwei Bodenarten trotz ihrer chemischen Verschiedenheit gleich sein können, denn unterwirft man solche Pflanzen einer Untersuchung, so findet man, daß ihre anorganischen Bestandtheile noch immer im Einklange stehen mit jenen, welche sie auf dem ihnen entsprechenden Boden enthalten, und es zeigt sich auch, daß die Gebirgsarten, welche durch Verwitterung ihnen den Boden lieferten, stets die von ihnen benöthigten anorganischen Bestandtheile enthalten (Die analytischen Nachweise vgl. a. a. O).

Ein lockerer Boden, welcher in seinen Zwischenräumen viele Luft enthält, erwärmt sich schwer, man nennt ihn daher **kalt**, wie z. B. den Kiesboden. Noch kälter wird er, wenn er viel Wasser aufnimmt und festhält, oder auf seinem Untergrunde viel Wasser sich ansammelt, was bei seiner Verdunstung dem Boden viele Wärme entzieht. Die mehr oder weniger rauhe Oberfläche verleiht dem Boden ein größeres oder geringeres Wärmeausstrahlungsvermögen, ebenso auch seine Farbe, dunkle Färbung macht, daß er mehr Licht absorbirt und in Wärme verwandelt, als eine hellere Farbe. Der Boden heißt daher **warm**, wenn er das Wasser leicht durchläßt, wenn seine Bestandtheile die Wärme gut leiten und durch eine dunkle Farbe leicht aufnehmen, wie der trockene Sandboden, der sandige Lehmboden, der schwarze lehmige Kalkboden und der humose Boden. Der Humus erwärmt den Boden außer seiner dunklen Farbe auch noch durch den fortwährenden Fäulnißprozeß. Auch die günstige Wirkung der Kohle auf die Vegetation beruht zum Theil hierauf.

Kalter Boden.

Warmer Boden.

Hitzig ist der Boden, welcher nicht blos die Wärme schnell aufnimmt, sondern dieselbe auch langsam wieder abgibt, das Wasser rasch wieder verdunsten läßt und die Wärme gut leitet, so, daß sich die aufgenommene Wärme leicht in die Tiefe fortpflanzt. Es gehört hierher der Sand-, Grand-, Kalk- und Kreideboden. Der Boden aus reinem Quarzsand mit durchlassendem Untergrunde ist unter allen Bodenarten die heißeste, indem er sich in der Sonne sehr stark erwärmt und die aufgenommene Wärme nur langsam wieder ausstrahlt. Auch Neigungswinkel und Lage können die Hitze des Bodens vermehren, je nachdem sie ein senkrechtes Auffallen der Sonnenstrahlen bewirken.

Hitziger Boden.

Durch die im Boden fortwährend stattfindenden chemischen Prozesse, wie die allmälige Zersetzung der verschiedenen Mineralien und abgestorbenen Pflanzen, der Vegetationsprozeß rc. wird in demselben, wie bereits oben (S. 484) angegeben wurde, eine so bedeutende Menge von Elektricität entwickelt, daß man sich derselben wie der aus einer kräftigen galvanischen Batterie entwickelten zu physikalischen Experimenten bedienen kann.

Verhalten der Bodenbestandtheile zur Elektricität.

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 59. 1846. S. 198—208.

Was die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Bodenbestandtheile betrifft, so verhalten sich im trockenen Zustande Sand, Kalk, Talk und Gyps als Nichtleiter der Elektricität, die Thonarten als Halbleiter und die zusammengesetzten thonartigen Erden als schwache Halbleiter. Die Feuchtigkeit, welche in allen Thonarten vorkommt, scheint davon die Ursache zu sein [1]).

Cohäsion des Bodens.

Von großem Einflusse auf die Vegetation ist ferner die Cohäsion des Bodens, seine Bindigkeit oder Lockerheit, und was damit gewöhnlich in Verbindung steht, seine Ausdehnung und Zusammenziehung. Der Boden heißt locker, wenn er sich leicht bearbeiten und zerkrümeln läßt, und dabei sehr an Volum zunimmt, bindig oder schwer dagegen, wenn er bei trockenem Wetter fest zusammenbäckt. Die Bindigkeit des Bodens wird hauptsächlich durch den Thongehalt bedingt.

Der lockere Boden gestattet den Luftzutritt zu den Wurzeln und die leichte Ausbreitung derselben im Boden, während der feste Boden beide verhindert. Der lockere Boden dunstet zwar stärker aus, zieht aber auch leichter wieder Feuchtigkeit aus der Luft an. Es wird deshalb anhaltende Trockenheit dem lockeren Sandboden weniger verderblich, als dem strengen Lehmboden. Für den festen Boden eignen sich Holzarten mit starken, sich nicht weit verbreitenden Wurzeln, wie Eichen, Ulmen, Eschen eher, als die mit flach und weit auslaufenden Wurzeln, wie Espen und Weiden. Der lockere Boden nimmt wie der feste durch Wasseraufnahme an Volum zu, aber beim Austrocknen zieht er sich gleichmäßig zusammen, während der thonhaltige Boden dabei durch ungleiche Zusammenziehung Risse und Sprünge erhält und sich dadurch von den Wurzeln zurückzieht, sie entblößt, oder die zarten Wurzelfasern zerreißt, was besonders für junge Pflanzen sehr nachtheilig werden kann.

Ein zu lockerer Boden kann dagegen auch nachtheilig werden. Er gewährt den Bäumen wegen zu leichten Austrocknens keinen festen Stand und neigt sich wegen großer Wasseraufnahme leicht zum Auffrieren. Der lockerste Boden ist der humose, aber auch der kalkreiche kann sehr locker sein. Die zu große Lockerheit kann durch Festwalzen, Belegen mit Steinen und Berasung in der Waldcultur beschränkt werden.

Eintheilung des Bodens nach Cohäsion

Auf den Grad des Zusammenhanges gründet man folgende Eintheilung des Bodens:

Leichter Boden, alle Bodenarten mit vielen gröberen Theilen, oder vielem Humus.

Loser Boden, elastischer, bei Regenwetter stark aufquellender, besonders dem Auffrieren ausgesetzter entwässerter Torf-, Moor- und Bruchboden.

Bindiger, fester, oder geschlossener Boden, von mittler Zusammenhangskraft, wie der feinkörnige, lehmige Sandboden, der grobkörnige, sandige Lehmboden, der Kalk- und Mergelboden.

---

1) Vgl. auch Putsch's allgem. Encyklopädie d. Land- und Hauswirthschaft. IX. S. 36 und Hartig's forstl. Conversations-Lexikon S. 220.

Schwerer Boden, welcher sich bei Dürre nur mit Anstrengung umpflügen läßt (denn nach der Bearbeitung hat er seinen Namen) und dabei fest zusammenhängende Schollen bildet, wie der Fluß- und Seemarschboden, der feinkörnige, mergelige Thonboden und der sehr feinkörnige Lehmboden (Lettenboden).

Zäher Boden (Klay) kann nur mit sehr starker Anstrengung bearbeitet werden, gibt dabei große harte Schollen und klebt im nassen Zustande an die Ackerinstrumente. Alle feinkörnigen, humus- und kalkarmen Thonbodenarten gehören hierher.

Schmierig oder **schlüpfrig** heißt der Boden, wenn er beim Pflügen glänzende Streifen bildet, wie der nasse feine humushaltige Thon.

Eintheilung des Bodens nach Thätigkeit und Wirkung.

Nach seinem Verhalten zum Humus und zur Entwickelung der Pflanzennahrung heißt der Boden:

Überthätig oder **hitzig** (vgl. auch S. 553), wenn die Zersetzung in demselben zu rasch erfolgt, wie im trockenen, luftreichen Sandboden und im Kalkboden. In solchem Boden leiden die Gewächse entweder durch Übermaß von entwickelter Nahrung, oder durch die schnelle Erschöpfung derselben bei der nutzlosen Verflüchtigung von Kohlensäure und Ammoniak.

Thätiger Boden, wenn die Zersetzung des Humus in einem der Vegetation günstigen Grade erfolgt durch gehörige Lockerheit und Gegenwart von alkalischen Bestandtheilen, Humus und Feuchtigkeit, wie dies beim lehmigen Sand, sandigen Lehm, Lehmmergel und Kalkboden der Fall sein kann.

Fetter Boden heißt er bei vielem Humus und guter mineralischer Zusammensetzung.

Träger Boden, wenn der Humus nicht in hinreichender Menge zersetzt wird, oder unvollkommener, kohliger Humus entsteht, wegen Mangel an Luftzutritt und Alkalien und Mangel oder Übermaß an Feuchtigkeit, wie im strengen Thonboden, in allen nassen Bodenarten, im Haideboden und der Stauberde.

Todter oder **tauber Boden**, wenn wegen Mangel oder Unlöslichkeit des Humus, wegen zu großer Nässe oder Trockenheit gar keine Culturpflanzn gedeihen, wie im Torfboden, in manchem Geröllboden, im Flugsande 2c. Der humusarme trockene Boden heißt auch **magerer Boden**.

Mit der Thätigkeit steht auch die Eigenschaft des Bodens in Verbindung, daß er zehrend, hungrig oder bedürftig ist.

Zehrend heißt der Boden, wenn der Humus sich darin rasch zersetzt und die daraus gebildete Humussäure, oder die humussauren Salze durch Wasser ausgelaugt und in die Tiefe geführt oder ausgewaschen werden, oder der Humus größtentheils als Kohlensäure entweicht (verflüchtigt). Der trockene Sandboden ist daher zehrend, ebenso der Kalk- und Kreideboden an Berghängen.

Hungrig oder **bedürftig** heißt der Boden, wenn er viel Thonerde oder Eisenoxyd enthält, welche große Mengen von Humussäure binden und dadurch der Ernährung der Pflanzen entziehen, so daß dieselbe stets in

großer Menge ersetzt werden muß, um für die mehr assimilirbaren humussauren Salze hinzureichen.

Eintheilung des Bodens nach den Gewächsen, welche darauf gedeihen.

Als Culturland kann man den Boden, wie in der Landwirthschaft im Weizen-, Roggen- und Gerstenboden rc., auch in der Forstwirthschaft nach den Gewächsen eintheilen, welche vorzugsweise darauf gedeihen. Denn es gibt Sandboden (der trockene), worauf die Kiefer allen übrigen Holzarten so sehr im Wuchse überlegen ist, daß man ihn mit „Kieferboden“ bezeichnen kann, den steinigen und Felsboden im Gebirge als „Fichtenboden“; es gibt Kalkboden, der aus gleichem Grunde den Namen „Buchenboden“ verdient. Der sandige Lehmboden mit Kies ist der „Birkenboden“, der feuchte, lehmige, humusreiche Sandboden mit flachem Wasserspiegel der „Hainbuchenboden“ rc.

Doch möchte die Aufstellung solcher Bezeichnungen hier mehr Schwierigkeiten darbieten, als in der Landwirthschaft, weil der Landwirth jährlich das Resultat von der Productionskraft seines Bodens erhält, während die forstlichen Ernten so weit auseinander liegen. Dann scheinen auch wirklich die Forstgewächse im Allgemeinen weniger an die mineralische Beschaffenheit des Bodens gebunden zu sein, als die meisten Culturgewächse der Landwirthschaft. Doch kann hier die Zukunft bei gehöriger Berücksichtigung der Bodenbestandtheile und der übrigen hierher gehörigen Verhältnisse noch Manches leisten.

Verhalten des Bodens nach dem vorwaltenden Bestandtheile.

Da also nicht blos die chemischen, sondern auch die physikalischen Eigenschaften des Bodens größtentheils von dem Mischungsverhältnisse seiner Bestandtheile abhängig sind, von denen die Kieselerde, der Thon, der Kalk, der Humus, auch wohl das Eisen die wichtigsten sind, so werden die Bodenarten ganz zweckmäßig nach ihren vorwaltenden Bestandtheilen bezeichnet.

Sand, Kies und Steine.

Das blos in Stücke zerkleinerte Gestein, aus dem sich die einzelnen Bestandtheile noch nicht durch Verwitterung ausgeschieden haben, kann an und für sich noch nicht als Boden betrachtet werden, da es keine Pflanzen hervorbringt.

Je mehr die Gesteine durch mechanische Zertrümmerung zerkleinert sind, desto eher vermögen sie einen Boden zu bilden. Man kann daher den Schlamm der Kunststraßen schon als wirklichen Boden betrachten, wenn dieselben nicht aus einfachen Fossilien, wie Kalk- oder Kieselsteinen, sondern aus günstig gemengten Gesteinen, wie Granit u. dgl. erbaut sind, obgleich dieselben noch keine chemische Zersetzung — Verwitterung —, sondern nur eine mechanische Zerkleinerung erlitten haben.

Je größer dagegen die Steintrümmer sind, desto weniger sind sie geeignet, Gewächse zu erzeugen, weil aller an ihrer Oberfläche erzeugter Humus durch die großen Zwischenräume in die Tiefe hinabgeschwemmt und die Wurzelausbreitung gehindert wird. Doch können in feuchten Klimaten auch selbst noch auf größeren Rollsteinen schöne Holzbestände entstehen,

wenn sich die Oberfläche erst einmal mit einer dichten Moosdecke überzogen hat, welche viele Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, wodurch die Zersetzung der Gesteine befördert und durch Verbindung der verwitterten Theile mit dem entstehenden Humus allmälig ein wirklicher Boden gebildet wird. Die Samen keimen in der Moosdecke und ihre Wurzeln finden dann an den Oberflächen der Geröllsteine die erforderliche Nahrung, während mit ihrem Erwachsen sich auch allmälig die nöthige Ausfüllung derselben mit Humus ergibt.

Nach der Größe der Gesteine macht man in ihrer Benennung folgende Unterschiede:

Wenn dieselben die Größe einer Wallnuß überschreiten, so heißen sie **Steine**, sind sie dabei abgerundet, **Rollsteine, Gerölle, Geschiebe**.

Kies, Grand, Grus.

Was Wallnuß- bis Bohnengröße hat, heißt **Kies**. Gesteine von Erbsen- bis Bohnengröße heißen **Grand, Grus-** oder **Perlsand**. Vom Kies und Grand ist derjenige der unfruchtbarste, welcher durch Zerstörung von quarzreichem Granit, oder anderer viele große Quarzkörner enthaltenden Conglomerate entstanden ist und noch auf seiner Entstehungsstelle liegt. Es ist dann fast immer ein undurchlassender Untergrund von noch unzerstörtem Gestein vorhanden. Sind die feineren, zur Bodenbildung tauglichen Bestandtheile ausgewaschen, so daß die reinen Quarzkörner zurückblieben, so ist dies auch kaum ein Boden zu nennen, weil sie kaum vegetationsfähig sind. Besser ist der Kies, wenn er nicht aus bloßem Quarz, sondern auch aus anderweitigen Gemengtheilen besteht. So bildet der lehmige Kies noch einen ziemlich guten Boden für die Birke, wenn er nicht humusarm ist, weniger für Kiefern.

Sand.

Trümmer der Gebirgsmassen von weniger als etwa einer halben Linie Durchmesser heißen **Sand**. Man unterscheidet davon folgende Arten:

Grober Sand: Die Körner haben etwa ½ Linie Durchmesser, ungefähr die Größe der Hühnerschrote, oder Hanfkorn- bis Linsengröße.

Feiner Sand, Mehl-, Mahl- oder Quellsand. Die Körner haben etwa ¼ Linie Durchmesser, sie lassen sich durch das Gefühl noch gut unterscheiden. Er wird vom Winde nicht gehoben, aber starke Quellen bringen ihn aus der Erde mit hervor und halten ihn durch ihre Kraft in Bewegung. Daher der Name Quellsand. Im trockenen Zustande mahlt oder mählt er unter den Füßen, daher die anderen Namen.

Flugsand. Seine Körner haben oft kaum $^1/_{10}$ Linie Durchmesser und lassen sich durch das Gefühl nicht mehr unterscheiden. Er bildet eine fast staubartige Masse. Ohne bindende Theile wird er vom Winde leicht gehoben und entführt. Um dies zu verhindern, erhält man jeden Pflanzenüberzug, auch wenn er aus Unkräutern besteht, sorgfältig. Wo aber keiner vorhanden ist, pflanzt man Gewächse mit sehr langen, tiefen und kriechenden Wurzeln an, wie Quecke Triticum repens, Sandriedgras Carex arenaria, Haargras Elymus arenarius, Sandweide Salix monandra. Die Wurzeln derselben halten den Sand zusammen, das Laub hindert die zu rasche Austrocknung und der durch Verwesung entstehende

Humus bindet den Flugsand noch mehr und liefert endlich einen ganz tauglichen Boden für Gewächse, welche auf Sandboden gedeihen, wie Kiefern und Birken. Die Saat ist zu bedecken, am besten mit nach dem Winde gerichteten Zweigen. Wo alles dies nicht hinreicht, wären in entsprechenden Entfernungen Flechtzäune anzulegen, wodurch der Flugsand zum Stehen gebracht wird.

Nach dem Gesteine, aus welchem der Sand entstanden ist, unterscheidet man:

Quarzsand.

Quarzsand. Er kommt, weil er am wenigsten verwitterbar ist, am häufigsten vor, bildet in vorherrschender Menge den Quarzsandboden, findet sich besonders in den Meeresniederungen, ferner über dem Quarzsandstein, woraus er durch Zerfallen desselben entsteht, und als jüngste Bildung in den aufgeschwemmten Flußthälern. Bei seinem Vorherrschen ist der Boden trocken bis ganz unfruchtbar.

Kalksand.

Der Kalksand kommt zwar nicht selten, aber doch bei Weitem nicht so häufig vor, als der Quarzsand, und nur in Gegenden, deren Bodenkrume durch Verwitterung von Kalkgebirgen entstanden ist. Er unterscheidet sich vom ersteren durch seine Auflöslichkeit in Säuren unter Aufbrausen. Seine Auflösung und Verwitterung erfolgt schneller, als beim Quarzsand, er absorbirt leichter die Gase und Feuchtigkeit. Auch er bildet für sich keine fruchtbare Erde, bedarf aber hierzu weit weniger erdige Theile, als der Quarzsand.

Sand von anderen Gebirgsarten

Der Sandboden von anderen Gebirgsarten, welche Feldspath, Glimmer, Mergel und andere Fossilien als Gemengtheile enthalten, besitzt im Allgemeinen eine größere Fruchtbarkeit, als Quarz- und selbst reiner Kalksand, weil durch die schnelle Verwitterung dieser Gebirgsarten sowohl der Mangel an wasserhaltender Kraft verschwindet, als auch die übrigen pflanzennährenden Stoffe aufgeschlossen werden.

Die feinen Staubtheile des Bodens, welche sich durch Schlemmen vom Sande und Gerölle trennen lassen, sind in der Regel viel zusammengesetzter, als die letzteren. Sie bestehen aus den verschiedenartigsten Fossilien und Pflanzenstoffen, welche theils chemisch, theils mechanisch mit einander verbunden sind. Sie geben dem Boden Bindigkeit und die Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und zu halten, sie enthalten die Nahrungsstoffe der Pflanzen, oder sind diese selbst.

Einfluß des Sandes und Kieses auf die Beschaffenheit des Bodens.

Der Einfluß des Sandes und Kieses auf die physischen Eigenschaften des Bodens ist verschieden, je nachdem dieser eine mehr bindige oder lockere Beschaffenheit besitzt.

Sie mindern den Zusammenhang sehr bindiger Bodenarten und machen sie für Luft und Wasser zugänglicher, begünstigen die Wurzelverbreitung, erhöhen die Erwärmungsfähigkeit und vermindern die wasserhaltende Kraft.

Einem leichten, lockeren Boden dienen besonders die gröberen Gesteine als Beschwerungs- und Befestigungsmittel, schützen dessen fernere

Gemengtheile gegen das Verwehen durch Winde und das Verschwemmen durch Wasser und verhindern eine zu rasche Austrocknung.

Daß der Einfluß der Gesteine auf den Boden nach der Größe ihres Korns und nach ihrer Menge verschieden sein muß, ergibt sich von selbst.

Das wasserhaltende Vermögen des Sandes nimmt zu mit der Feinheit des Korns und umgekehrt, weil feiner Sand dem Wasser eine größere Fläche zur Anhaftung darbietet, als grober. Es vermindert daher dasselbe Gewicht groben Sandes die wasserhaltende Kraft eines thonigen Bodens mehr, als ein gleiches von feinem Sand. Obgleich der Letten 60 bis 70 % Sand enthält, ist er dennoch sehr undurchlässig, weil der Sand desselben sehr fein ist.

Der feine Sand bietet aber nicht blos dem Wasser, sondern auch dem Thon mehr Anhaftungsfläche dar. Ein feinsandiger Thonboden ist daher viel dichter und fester, zur Zusammenziehung beim Austrocknen geneigter und dem Versinken des Wassers hinderlicher, als ein grobsandiger von derselben Bindigkeit.

Nicht alle Gebirgsarten zeigen ferner eine gleich starke Anhaftung zum Wasser, und also auch der daraus entstandene Sand nicht. Dieselbe Menge Sand und Brocken von Thonschiefer oder Thonsteinporphyr wird daher eine andere Wirkung haben, als solche von Quarz oder Kalkstein. Dunkelfarbige Körper werden stärker erwärmt, als helle. Sand und Brocken von Basalt, von schwarzem Thon- und Kieselschiefer müssen demnach mehr zur Erwärmung des Bodens beitragen, als weißer Quarz. Humose, leichte Bodenarten, welche sich beim Austrocknen auflockern, werden durch eine Beimengung von Sand wesentlich in ihren physikalischen Eigenschaften verbessert.

Einfluß der Steine auf die Beschaffenheit des Bodens.

Steine, welche zum Theil dicht unter der Oberfläche liegen, zum Theil daraus hervorragen, oder den Boden bedecken, unterbrechen den Zusammenhang thoniger Bodenarten und verhindern das gleichförmige Austrocknen zum geschlossenen Ganzen. Sie unterhalten nämlich einen ungleichen Feuchtigkeitszustand. Unter den Steinen erhält sich die Feuchtigkeit länger, als über denselben, wenn sie seicht unter der Oberfläche liegen, und am schnellsten verdunstet sie im Umkreise derselben. Sie erhalten also einen bindigen Boden locker, können aber auch einen lockeren, losen durch Beschwerung befestigen, und vor schneller Austrocknung und namentlich an Abhängen vor Abschwemmung schützen. Zwischen den Steinen solcher Abhänge lagert sich im Gegentheile noch das von der Höhe Herabgeschwemmte, namentlich Humus und unzersetzte organische Überreste ab.

Von besonderer Wichtigkeit sind aber der Sand und die Steine als die Quelle der veränderlichen Bestandtheile des Bodens (vgl. S. 532), indem sie vermöge ihrer feineren Zertheilung und näheren Berührung mit der Luft der Verwitterung weit früher unterliegen, als die zusammenhängenden Gesteinmassen des Untergrundes.

Sandboden.

Ein Bodengemenge, welches aus 80—90 % Sand und 20 % abschwemmbaren erdigen Theilen besteht, heißt **Sandboden**. Der Sand ist

gewöhnlich Quarzsand, häufig mit Glimmerblättchen gemengt, seltener mit kleinen Feldspathkörnern.

Nach seinen physikalischen Eigenschaften ist der Sandboden dem Thonboden gerade entgegengesetzt. Er läßt Luft und Wasser ohne Hinderniß eindringen. Dieser ungehinderte Luftwechsel nebst der geringen Anhaftung zum Wasser und der starken Erwärmung durch die Sonne begründen sein Hauptgebrechen, die geringe Zurückhaltung der Feuchtigkeit. Bei anhaltender Trockne hindert die anhaftende Luft das Eindringen des Wassers in den staubartigen Boden. Daher ein vorübergehender Regen abläuft, ohne ihn befeuchtet zu haben.

Von der Sonne wird er leicht und stark erwärmt, der Winterfrost verläßt ihn bald und die Vegetation beginnt früh. Dafür ist er auch den Spätfrösten am meisten ausgesetzt. Er muß frühzeitig bepflanzt werden, um die Winterfeuchtigkeit zu benutzen.

Verschiedenheit des Sandbodens.

Übrigens umfaßt der Ausdruck Sandboden eine unendliche Menge von Bodenverschiedenheiten vom gänzlich unfruchtbaren bis zu dem, worauf noch fast alle Holz- oder auch andere Pflanzenarten vollkommen gedeihen.

Vor Allem ist der Sandboden, welcher dem Meeresboden angehört und wahrscheinlich zusammengeschwemmt ist, von dem zu unterscheiden, welcher noch auf dem Gesteine liegt, aus welchem er entstand. Aus dem Meeressande sind die löslichen und feineren Theile, wie Kali, Natron, Kalk, Thonerde mehr ausgewaschen, als aus dem noch an der Entstehungsstelle liegenden. Letzterer kann daher ganz fruchtbaren Boden bilden, wenn das Bindemittel der Gesteine eine günstige Zusammensetzung hatte, wie bei den Fluren zwischen der Elbe, Saale, dem Harz und der Braunschweiger Grenze, in Thüringen zwischen dem Harz und der Hainleite rc. Aus demselben Grunde sind die Sandgegenden in Mitteldeutschland und am Rhein im Allgemeinen fruchtbarer, als in den östlichen Provinzen von Preußen. War dagegen das Bindemittel des Gesteins schlecht, so kann solcher verwitterter Sandboden noch schlechter sein als der Meeresboden, weil da oft die bloßen Quarzkörner ganz flach auf dem festen oder wenig zerklüfteten Gesteine daliegen.

Der Sandboden, welcher von Sandsteinfelsen abgespült, sich in geringer Tiefe über den besseren Lehmboden hingelagert hat, wie häufig am Fuße der Gebirge, ist für den Ackerbau sehr schlecht, für die Holzzucht dagegen oft sehr günstig, weil die Wurzeln der Bäume den unteren guten Boden erreichen können.

Das Holz wächst im Anfange auf dem Sandboden schnell, läßt jedoch frühzeitig im Wuchse nach, weshalb sich ein kurzer Umtrieb auf demselben um so mehr rechtfertigt, je ärmer er ist. Die Verbindung des Ackerbaues mit der Holzcultur darf darauf nur mit großer Vorsicht und auf kurze Zeit stattfinden, weil eine nutzlose Humusconsumtion bei dem starken Luftzutritt und Mangel von Basen ohnedies hier sehr bedeutend ist. Von großem Nachtheil ist deshalb auch das Bloßliegen. Doch kann auch leicht ein zu dichter Schluß nachtheilig werden, weil sich der Kampf der dominirenden

Pflanzen mit den unterdrückten weit langsamer entscheidet, als auf einem reicheren Boden. Das größte Übel ist für diesen Boden das Streurechen. Den schädlichsten Forstinsekten scheint der ärmste Sandboden gerade am meisten zuzusagen.

Die Natur scheint auf den Sandboden die tiefwurzelnden Bäume angewiesen zu haben, da seine nährenden Theile leicht in die Tiefe gespült werden und derselbe an der Oberfläche bald austrocknet.

Auf dem Sandsteinboden und dem fruchtbaren Meeressand kommt unter allen Bäumen, welche größere Bodenkraft in Anspruch nehmen, die Eiche am besten fort, weit weniger die Buche, und nur wo der Boden humusreich genug ist; noch weniger Ahorn, Esche, Ulme, Elsbeere, Weißtanne ꝛc. Auch die Hainbuche zeigt nur einen geringen Wuchs, die besseren Sandsteingebirge haben noch einen mittelmäßigen Fichtenwuchs, für die schlechteren paßt nur die Kiefer in kurzem Umtriebe.

Der Meeressand taugt nur für Kiefern, wenn er nicht humusreich ist, unter den Laubhölzern nur für Birken und Acacien, der etwas weichere für Birken, Espen und Ebereschen. Der feuchte Sand ist die eigentliche Heimath der Weiden, mit Ausnahme der Saalweide, welche mehr dem Kalk- und Lehmboden angehört. Der humusreiche liefert auch noch Schwarzerle und Schwarzpappel.

Das Holz des trockenen Sandes ist gewöhnlich feinjährig, astrein und, wenn es im Schlusse stand, spaltig, aber von geringer Zähigkeit und Elasticität, die Eiche auch von geringer Brenngüte und Dauer.

Günstig wirkt es auf die Vegetation, wenn der Untergrund viel Glimmersand enthält, wie häufig im Diluvium. Der Glimmer liefert den Pflanzen bei seiner allmäligen Verwitterung Kali, Talk, Kalk und andere Nahrungsstoffe. Ähnlich verhält sich ein feldspathreicher Sand.

Dem Sandboden fehlen alle Pflanzen, welche viel Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Kali, Natron, Kalk und Talk zu ihrer Nahrung bedürfen, wie die Leguminosen, er erzeugt vorzugsweise Moose, Flechten, Riedgräser und Rohrarten, welche viel Kieselerde enthalten.

Lehmiger Sandboden. Der lehmige Sandboden enthält 10 bis 20 Procent abschlemmbarer Theile. Seine Fruchtbarkeit steht mit seinem Gehalte an Lehm und mit dem Gehalte dieses Lehms an Kalkerde in geradem Verhältnisse. Mit der Zunahme des letzteren geht er in den mergeligen Sandboden über. *Mergeliger Sandboden.* Letzterer entspricht besonders der Eiche, und wenn er humusreich und tiefgründig ist, auch der Buche und Weißtanne; wenn frisch, kiesig und nicht zu warm, auch der Birke. Steigt der Humusgehalt des lehmigen und mergeligen Sandbodens bis 6 oder 10 Procent, wo er dann schon schwarz gefärbt erscheint, so paßt er für alle Holzarten ohne Ausnahme, so daß diese bei nicht zu langen Umtrieben große Holzmassen liefern.

Sandiger Lehmboden. Bei einem Lehmgehalt von 20 bis 30 Procent heißt dieser Boden sandiger Lehmboden.

Lehmboden. Der eigentliche **Lehmboden** bildet den Übergang vom Sandboden zum Thonboden. Die nachtheiligen Eigenschaften des Sand- und Thon-

bodens heben sich im Lehmboden gegenseitig auf. Bei seinem steten Gehalte an Kalk und anderen Basen ist er der fruchtbarste Boden, welcher allen Holzgattungen bei hinreichendem Humusgehalte entspricht. Er nimmt 30 bis 40 Procent seines Gewichtes an Wasser auf und hält dasselbe lange zurück, ohne sich damit zu übersättigen, da er bei seinem Sandgehalte ein hinreichendes Durchlassungsvermögen und eine angemessene Lockerheit besitzt, welche ihn der Luft zugänglich macht; erwärmt sich leicht und erfüllt so alle Bedingungen einer vortheilhaften Vegetation.

Doch ist auch er sowohl im Allgemeinen nach seinem Thon- und Eisengehalte verschieden, als auch oft auf einem und demselben Flecke sehr ungleichartig, vorzüglich im Meeresboden. Er ist hier im Allgemeinen in der Tiefe kalkreicher, als an der Oberfläche. An einzelnen Stellen ändert sich der Kalkgehalt, wo der Mergel mehr nesterweise vorkommt. Dann sind auch die schichtenweisen Niederschläge verschiedener Epochen bald reicher an Thon, bald an Sand, so daß sie selbst mit reinen Sand- und Thonschichten wechseln. Auch der Humusgehalt ist verschieden, je nachdem der Boden lange mit Wald bedeckt oder bloßgelegen war.

Eine besondere Art von Lehm findet sich in den Thälern schlammreicher Flüsse. Er ist oft bis zu einer bedeutenden Tiefe sehr humusreich, weil sich von den Gebirgen mit den mineralischen Theilen zugleich viel Humus herabgespült und mit ersterem gemengt hat. Die aufsteigende Feuchtigkeit führt die nährenden Theile mit nach Oben. Daher der große Werth dieses tiefgründigen humosen Bodens, wie ihn die Weichselniederungen und die Marschgegenden der Niederelbe besitzen.

Der Lehmboden erzeugt die schönsten Bäume von der besten Beschaffenheit des Holzes, welche das höchste Alter erreichen. Er bringt daher vorzugsweise die starken Nutz- und Schiffbauhölzer hervor. Bei passender Feuchtigkeit und angemessenem Klima lassen sich darin alle unsere nutzbaren Holzarten erziehen, die meisten sogar bis zu ihrer Vollkommenheit. Er verträgt weit eher eine längere Umtriebszeit, als der Sandboden, selbst die abwechselnde Benutzung als Ackerland, wenn sie nicht zu lange dauert, und überhaupt jede Art der Cultur.

Große Nässe erträgt er jedoch, namentlich bei starkem Eisen- und Mangangehalt, nicht, wahrscheinlich weil dadurch leicht aller Luftzutritt abgeschlossen wird, und daher nur wenig vollkommener Humus entsteht, und auch dieser dann mit dem Eisen und Mangan wenig assimilirbare humussaure Salze bildet. Es gedeiht unter solchen Verhältnissen nur noch die Schwarzpappel und bei noch größerer Nässe einige geringeren Weidenarten darauf.

Der sehr fruchtbare kalkige Lehmboden findet sich gewöhnlich nur über thonhaltigen Kalksteinlagern.

Der salzige Lehmboden, welcher in den europäischen Steppengegenden in großer Ausdehnung vorkommt, ist für den Holzwuchs ganz unbenutzbar, wenn diese Salze meist im Wasser löslich sind.

Der reine **Thonboden**, wie er den gewöhnlichen Töpferthon bildet, und durchschnittlich aus einem Gemenge von 80 bis 90% Thon mit Eisen- und Manganoxyden und etwas Kalk, Talk, Kali 2c. besteht, kann als ein für die Holzzucht nicht mehr benutzbarer Boden betrachtet werden, der jedoch in dem Maße, als er sich durch Sandgehalt dem Lehm nähert, so wie mit zunehmendem Humusgehalt an Fruchtbarkeit gewinnt.

Thonboden.

Obgleich der Thonboden nach seinem Thongehalte eine verschiedene Wirkung auf die Vegetation äußern muß, so läßt sich doch der Charakter des strengen Thonbodens von mehr als 60% Thongehalt auf folgende Weise darstellen.

Er ist kaltgründig und zu Versumpfungen geneigt, aber trotzdem versorgt er sich, besonders bei vorübergehenden Regen — eben wegen seiner großen wasserhaltenden Kraft — nicht leicht bis zu einer gewissen Tiefe mit Feuchtigkeit. Der benetzten obersten Schichte adhärirt das Wasser so sehr, daß sie es nicht weiter eindringen läßt, sie wird **wasserhart**. Schwacher Regen erzeugt daher eine der Lufteinwirkung hinderliche Rinde und schadet deshalb mehr als er nützt.

Die Vegetation entwickelt sich darauf spät und langsam. Er erfordert daher auch lange Umtriebszeiten. Gewöhnlich wird der Wuchs erst stärker, wenn sich in geschlossenen Beständen eine stärkere Laubschicht und damit eine stärkere Humuserzeugung bildet. Er ergibt eine starke, tief gehende, wenig ausstreichende Wurzelbildung, geringen Höhenwuchs, starke Astverbreitung, dunkle Belaubung, und eine späte, aber reichliche Fruchterzeugung. Das Holz hat enge Lagen und eine vorzügliche Beschaffenheit. Er hält den Humus lange zurück und erträgt daher schon längere Benutzung zum Ackerbau, und die nachtheiligen Wirkungen des Streurechens treten hier weit später ein, als beim Sand- und Kalkboden. Er eignet sich besser zur Saat, als zur Pflanzung. Die Culturkosten sind bei ihm wegen der größeren Festigkeit weit höher, als im Sandboden.

Die gewöhnlichsten Holzarten des Thonbodens sind Eiche, Esche, Ulme, Buche, und wenn er reich an alkalischen Basen ist, auch Ahorn und Pyrusarten. Da er die Wurzelverbreitung erschwert und beim Austrocknen leicht rissig wird, so kommen flachwurzelnde Holzarten, wie Birke, Fichte, Pappel, Weide Anfangs nur schwierig darin fort.

Ist der Thonboden nicht zu streng, oder der Versumpfung unterworfen, so kann er den besseren, und wenn er zugleich humusreich ist, sogar den besten Bodenklassen zugezählt werden, besonders wenn er noch 6—10% Kalk enthält, wo er dann kalkiger Thonboden heißt, arm ist er dagegen bei Mangel an Kalk und Humus.

Der **Kalk- oder Kreideboden** enthält 30 bis 75% kohlensauren Kalk, gewöhnlich nebst einigen Procenten kohlensaurer Talkerde, etwas Humus, phosphorsaure Kalkerde, Mangan- und Eisenoxyd und geringe Mengen von Thon und Sand. Er ist selten humusreich, weil er den Humus schnell zersetzt, während die entstehenden humussauren Salze von den Pflanzen assimilirt oder vom Wasser ausgelaugt werden.

Kalk- oder Kreideboden.

Der eigentliche, mehr als 30% Kalk enthaltende Kalkboden kommt in Deutschland selten in großer Ausdehnung vor, und gehört fast nur England und Frankreich an. Der Boden, welchen wir über den ausgedehnten Lagern von Muschelkalk finden, ist in der Regel nur kalkiger Lehmboden, oder höchstens lehmiger Kalkboden, welcher einen beträchtlichen Gehalt von Thon und Sand besitzt. Er hat trotz seines geringen Humusgehaltes einen guten Holzwuchs, wenn die Bestände geschlossen erhalten werden, so daß sich der rasch aufgezehrte Humus immer wieder ersetzt. Die in dem kohlensäurehaltigen Wasser des Bodens aufgelösten Kalktheile wirken leicht auf die Saugwurzeln nachtheilig, wenn sie sich auf dieselben absetzen.

Wegen des leichten Verschwindens des Humus im Kalkboden gelten für denselben in forstlicher Beziehung die schon beim Sandboden aufgeführten Vorsichtsmaßregeln. Er ist leicht zum Austrocknen geneigt, wo dann die Pflanzen auf dem erschöpften Boden aller Nahrung entbehren.

Er eignet sich in einem milden Klima besonders für Buche, Ahorn Hainbuche, Esche, Ulme, wilde Kirsche und Pyrusarten, im höheren Gebirge, der Jurakalk auch für Weißtanne und Fichte. Für dürre Kalkberge ist die Kiefer der Fichte vorzuziehen, doch ertragen Beide nur einen kurzen Umtrieb. Graswuchs ist hier (wegen Mangel an Kieselerde) selten zu fürchten, und die Saat der Pflanzung wegen Deckung des Bodens gewöhnlich vorzuziehen.

Gypsboden.

Der **Gypsboden** steht im Allgemeinen dem Kalkboden an Fruchtbarkeit nach, obgleich er sonst ziemlich dieselben Eigenschaften mit ihm theilt.

Talkboden.

Talkboden kommt nur in den Gebirgen von Süddeutschland vor, wo er durch Verwitterung des Dolomits oder Talkschiefers, der Talksteine, des Chloritschiefers und Specksteins entsteht. Er kommt in seinem Verhalten zur Vegetation im Allgemeinen mit dem fruchtbaren Lehmboden überein, doch ist seine Beziehung zur Holzvegetation noch zu wenig bekannt, als daß sich hierüber etwas Besonderes angeben ließ.

Eisenboden.

Der **Eisenboden** enthält 15 bis 30% Eisen- und Manganoxyde, und entsteht gewöhnlich durch Verwitterung des Todtliegenden, des Rotheisensteins, rothen Thoneisensteins und anderer eisenreicher Gesteine. Er ist gewöhnlich stark thonhaltig, und daher ein strenger kalter Boden, der arm an alkalischen Basen zu den ärmeren Bodenarten gehört. Vorzugsweise findet man Eichen auf ihm, welche in geschlossenen Beständen und bei starker Humusdecke einen guten Wuchs zeigen und ein hohes Alter erreichen. Auch die Hainbuche gedeiht noch gut und in unserem Klima die Fichte, weniger die Buche.

Humusboden

Obgleich der Humus und die daraus entstehende Humussäure die Hauptbestandtheile der Pflanze enthalten, so sind doch Beide an und für sich als Pflanzennahrung nicht tauglich, sondern erst in Verbindung mit anorganischen Basen und Salzen. Der reine **Humusboden**, welcher keine mineralischen Theile enthält, muß daher wegen der Abwesenheit aller Basen sauer reagiren. Dieses Verhalten ist aber, wie schon oben (S. 546) gezeigt wurde, blos zufällig, und nicht als die Ursache anzusehen, warum

ein blos aus Humus bestehender Boden unfruchtbar ist, denn der Humus, oder vielmehr die Humussäure, welcher dieser Boden größtentheils seine saure Reaction verdankt, sind es gerade, durch deren Gegenwart ein Boden fruchtbar wird. Die Humussäure ist also hier blos für ungenügend, durchaus aber nicht für schädlich zu betrachten. Die meisten Holzarten wachsen demnach auf dem Humusboden schlecht, und höchstens die Schwarzpappel und einige Weiden machen hiervon eine Ausnahme. Pflanzen, welchen der Humusboden entspricht, wie Equiseten, Juncus- und Carexarten enthalten aber auch nur solche Bestandtheile, welche weder ein nahrhaftes Futter, noch einen nahrungsreichen Humus geben.

Noch unfruchtbarer wird der Humusboden durch starken Eisengehalt, weil das Eisen sich leicht mit der Humussäure zu nicht assimilirbaren Salzen verbindet, wodurch dann der Boden auch für jene Pflanzen unzugängig wird, welche sich mit bloßer Humussäure begnügen. Das aufgelöste kohlensaure Eisenoxydul, welches sich nicht mit Humussäure verbinden kann, setzt sich, bei seiner höheren Oxydation zu Oxyd, als gelber Schlamm an den Wurzeln als Wurzelrost ab. Das im Boden vertheilte Eisen zieht sich, wenn derselbe ruhig liegt, auf eine Stelle zusammen und macht dann dieselbe unfruchtbar. Lassen sich dagegen diese Eisenablagerungen in Gräben erzeugen, worin sich das Wasser sammelt, so wird der Boden davon befreit.

Humusreicher Boden.

Der Humusboden oder **humose Boden** ist nicht zu verwechseln mit dem **humusreichen Boden**, welcher für sich keine eigene Bodenart bildet, sondern es kann diese Bezeichnung jeder der eben angeführten Bodenarten beigelegt werden, wenn dieselbe einen bedeutenden Humusgehalt besitzt, wie sogleich gezeigt werden soll.

Die Eigenschaften der verschiedenen Arten des Humusbodens ergeben sich aus dem bereits oben (S. 546) hierüber Angeführten.

Eintheilung des Bodens nach seinen Bestandtheilen.

Nach dem quantitativen Verhältnisse der einzelnen Hauptbestandtheile läßt sich folgende Eintheilung des Bodens aufstellen:

1) Thonboden: über 50% Thon, nicht über 5% Kalk, nicht über 20% Humus.

2) Lehmboden: 20—50% Thon, nicht über 5% Kalk, nicht über 20% Humus.

3) Mergelboden: 5—20% Kalk, nicht über 50% Thon, nicht über 20% Humus.

4) Kalkboden: über 20% Kalk.

5) Sandboden: 80—90% Sand, nicht über 20% Thon, nicht über 20% Kalk, nicht über 20% Humus.

6) Eisenboden: über 15% Eisen- und Manganoxyd und Oxydul.

7) Humusboden: mit der Hälfte oder mehr Humus.

Diese Bodenarten außer dem Humusboden heißen:

humos, mit 12—20% Humus;
humusreich, mit 4—12% Humus;
humusvermögend, mit 1½—3% Humus;
humusarm, unter 1½% Humus.

Außer dem Kalk- und Mergelboden heißen dieselben:
kalklos, mit 0—½% Kalk;
kalkhaltig, mit ½—5% Kalk.

Eisenschüssig heißt ein Boden, der 5—15% Eisen- oder Manganoxyd enthält.

Der Thonboden heißt sandig, wenn er Quarzkörner enthält, kalkig, wenn er mit Kalksteinbrocken gemengt ist, mergelig, wenn er 4—5% fein zertheilten Kalk enthält.

Der Lehmboden heißt sandig, wenn er 70—80% Sand enthält, mergelkalkig, wenn er 4—5% fein zertheilten Kalk enthält. In dem Verhältnisse, als er sich dem Thonboden nähert, heißt er mild, stark oder streng.

Der Mergelboden heißt thonig mit mehr als 50% Thon, lehmig mit 20—50% Thon, sandig mit 60—70% Sand, kalkig unter denselben Verhältnissen wie der Thonboden. Wenn er keine organischen Gemengtheile enthält, also eigentlich kein Boden ist, so heißt er Mergel oder ein Mergellager.

Der Sandboden heißt schlecht bei mehr als 90% Sand, lehmig bei 80—90% Sand, mergelig mit 2—5% Kalk. Nach der Art der Sandkörner heißt er Quarz-, Glimmer-, Feldspath-, oder Kalksandboden.

Der Kalkboden heißt sandig mit 15—20% Sand, lehmig mit 30—40% Lehm (Sand und Thon), thonig mit 20—25% Thon.

Der Humus- und der Eisenboden heißen thonig mit mehr als 50% Thon, lehmig mit 20—50% Lehm, sandig mit 5—10% Lehm, mergelig mit 5—20% Kalk, kalkig mit mehr als 20% Kalk.

Der Lehmboden heißt mit 4—6% Humus, der Thon- und Sandboden mit 10—12% humusreich.

Nach den dem Boden beigemengten Steinen heißt derselbe nicht steinig, wenn er keine oder nur wenig Steine enthält; etwas steinig, wenn die Masse der Steine etwa ¼ beträgt; steinig, wenn sie die Hälfte ausmachen, und sehr steinig, wenn sie dieselbe noch überwiegen.

Bodenunterlage.

Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt, wie schon mehrfach angedeutet wurde, nicht blos von der Beschaffenheit des Obergrundes, sondern auch von dem Einflusse seiner Unterlage ab (Vgl. S. 499).

Die Bodenunterlage kann bestehen:

1) aus der Gebirgsart, woraus durch Verwitterung die mineralischen Bestandtheile des Obergrundes an Ort und Stelle entstanden sind;
2) aus denselben Stoffen, wie die mineralischen Theile des Obergrundes:
3) aus diesen nebst Sand, Kies, Geröllen und Geschieben.

Das Erste ist gewöhnlich in Gebirgsgegenden, auf dem Rücken der Berge, das Zweite an ihrem Fuße, das Dritte in Ebenen und Niederungen der Fall.

Einfluß der Unterlage

Die Unterlage übt einen besonders großen Einfluß auf die *physischen* Eigenschaften des Obergrundes, auf dessen Feuchtigkeit und Erwärmungsfähigkeit, und auf die Wurzelverbreitung der Bäume insbesondere.

auf die Feuchtigkeit

Eine *thonige*, *lehmige* oder *lettige* Unterlage läßt das Wasser, welches der Obergrund nicht zurückhalten kann, entweder schwer oder gar nicht durchdringen. Für einen sandigen Obergrund kann dies zuträglich, für einen lehmigen dagegen nachtheilig sein.

Sand, *Kies*, *Gerölle*, wenn letztere nicht mit feinem Thon verschlemmt sind, lassen das Wasser ungehindert durch, oft bis zu einer Tiefe, wo es dem Obergrunde nicht mehr zu Gute kommt, und halten durch Anhaftung wenig zurück — für einen nassen Obergrund ein günstiger, für einen trockenen ein mißlicher Umstand.

Eine *felsige* Unterlage wirkt verschieden nach ihrer Structur, ob sie geschichtet oder ungeschichtet, söhlig oder geneigt geschichtet ist, ob die Klüfte leer oder mit durchlassender Erde ausgefüllt sind. Nicht oder söhlig geschichtete, dabei sparsam zerklüftete Felsarten oder solche, deren Klüfte mit thoniger Erde erfüllt sind, lassen das aus dem Obergrunde sich herabsenkende Wasser gar nicht durch; geneigt geschichtete setzen dem Abzuge Schwierigkeiten entgegen.

und

Auch die *Beschaffenheit der Oberfläche* einer thonigen oder felsigen Unterlage ist von großer Wichtigkeit, ob sie *eben* oder *muldig* — *wagerecht* oder geneigt ist. Muldige Vertiefungen geben Veranlassung zur Naßgründigkeit und zu Versumpfungen, wenig geneigte Flächen lassen das Wasser nur langsam, steile schneller abfließen. Beides kann je nach der Beschaffenheit des Obergrundes nützlich oder schädlich werden.

Erwärmungsfähigkeit des Obergrundes,

Der *Wärmezustand* des Obergrundes hängt insofern von der Unterlage ab, als diese an und für sich mehr oder weniger erwärmungsfähig und wärmeleitend — mehr oder weniger feuchtigkeithaltend ist. Im übelsten Rufe steht daher der Raseneisenstein als Unterlage eines seichten Obergrundes, welcher vermöge der starken Erwärmungsfähigkeit des Eisenoxyds (vgl. S. 542) einen heißen, dürren Boden erzeugt. Ein Sandboden auf kiesiger Unterlage wird sich in größeren Gegensätzen erhitzen und erkälten, als auf lehmiger, welche nicht blos selbst wenig erwärmungsfähig ist, sondern auch mehr Feuchtigkeit enthält, [illegible]n Verdunstung eine starke Erwärmung verhindert.

auf die Wurzelverbreitung

und

Thon, strenger Lehm, schlüffiger Letten und wenig zerklüftete Felsmassen gestatten das Eindringen der Wurzeln nicht, und diese zeigen kein Bestreben, in den dichten, der Luft verschlossenen Thon oder Lehm einzudringen, ob sie gleich alle anorganischen Nahrungsstoffe darin antreffen. Die Wurzeln streichen darüber weg, wie über Steinplatten, und versenken sich nur in Spalten mit lockeren Ausfüllungen.

als Quelle der mineralischen Bodenbestandtheile.

Außer dem Einflusse der Unterlage auf die physische Beschaffenheit des Obergrundes ist er aber auch in chemischer Beziehung nicht blos deswegen wichtig, weil derselbe aus ihr entstanden ist, sondern auch noch fortwährend seine durch die Vegetation und Auslaugung durch das

Wasser verlorenen Theile durch die Verwitterung der Unterlage wieder ersetzen kann.

Bodendecke s. bei der forstlichen Düngerlehre.

Beurtheilung der Beschaffenheit des Bodens.

Güte des Bodens.

Der Boden ist nach dem Verhältnisse, in welchem er den Pflanzen im Allgemeinen Haltung, Schutz, Feuchtigkeit und Nahrung gewährt, außerordentlich verschieden.

Man schließt auf die Güte des Bodens im Allgemeinen oft mit ziemlicher Sicherheit nach seiner Bedeckung, da diese auf seine Fruchtbarkeit nicht nur zurückwirkt, sondern auch von derselben bedingt wird.

Auf schlechten Boden läßt eine Bedeckung mit bloßen Flechten schließen; schon etwas besseren, aber immer noch schlechten Boden bezeichnen Moose, Haide, Heidel- und Preußelbeeren, einen mittleren die gewöhnlichen Waldgräser, Binsen, Agrostideen, guten Boden Sauerklee, Waldrebe, Himbeere, Tollkirsche, und zwar allemal um so besseren, je üppiger die Pflanzen stehen.

Außer dieser unbedingten Bodengüte unterscheidet man aber auch noch eine bedingte. Nicht jeder Boden ist für alle Pflanzen gleich günstig, eine Pflanze gedeiht besser auf einer gewissen Bodenart, als auf einer anderen. Der beste Erlenboden kann für die Eiche der schlechteste sein. Guter Buchenboden kann dem Gedeihen der Kiefer, guter Kieferboden dem Gedeihen der Buche nicht förderlich sein. Die Bodengüte wird ferner bedingt durch das Klima. Es kann Boden in einem rauhen, feuchten Klima fruchtbar sein, welcher an heißer, sonniger Lage, bei trockener Luft höchst unfruchtbar sein würde und umgekehrt. Sie wird endlich auch bedingt durch die Beschaffenheit ihrer unteren Begrenzung. Der nämliche Sandboden, welcher in geringer Erhöhung über einer Wasserfläche, oder über einem die Feuchtigkeit zurückhaltenden Erd- oder Gesteinkalke fruchtbar ist, kann unter anderen Lagerungsverhältnissen höchst unfruchtbar sein.

Eine genauere Beurtheilung der Beschaffenheit des Bodens ergibt sich 1) aus seiner Zusammensetzung und der Natur seiner Bestandtheile, 2) nach äußeren Kennzeichen, 3) nach seiner Thätigkeit und Wirkung.

Physikalisch-chemische Untersuchung des Bodens.

Die Untersuchung des Bodens nach seinen Bestandtheilen kommt nur da bei der Waldwirthschaft in Anwendung, wo sich die Beschaffenheit des Bodens nicht schon aus vorhandenem Holzwuchse beurtheilen läßt, wie auf großen Blößen, oder, wenn eine Bodenfläche vom Ackerbau in den Waldbau übergehen soll und umgekehrt, oder wenn eine von der bisher gezogenen verschiedene Holzart gepflanzt werden soll.

Es ist hierbei die Beschaffenheit der Bodenunterlage, deren Einfluß auf die Feuchtigkeit des Bodens, die Lage, Tiefe und Feuchtigkeit des Bodens mit Berücksichtigung des Klima's zu beachten, wie sich dies aus dem Vorhergehenden ergibt, ferner die Natur und Mengungsverhältnisse der Bodenbestandtheile selbst. Die Ausmittelung derselben soll nun hier einer genaueren Würdigung unterstellt werden. Obgleich sich die physikalischen Eigen-

schaften des Bodens aus denen seiner Bestandtheile ergeben, so ist doch in den Fällen, wo nur die eine oder andere physikalische Eigenschaft, z. B. die wasser- oder wärmehaltende Kraft zu kennen nöthig wäre, die Prüfung des Bodens auf die fragliche Eigenschaft insbesondere gewöhnlich der Zerlegung in seine Bestandtheile vorzuziehen, weil erstere jedesmal weit leichter und schneller ausführbar ist, als letztere. Die physikalisch-chemische Untersuchung des Bodens zerfällt demnach in die Untersuchung 1) auf seine physikalischen Eigenschaften, 2) auf seine Bestandtheile.

Bei einer solchen Untersuchung des Bodens verfährt man nun im Allgemeinen folgendermaßen.

Auswahl des Bodens zur Untersuchung

Man vermeidet bei der Auswahl des Bodens alle ungewöhnlichen Erhöhungen und Vertiefungen, weil man sich sonst über das richtige Verhältniß des Humusgehaltes täuschen würde, indem das Laub von den Erhöhungen ab- und in die Vertiefungen zusammengeweht wird. Man wählt demnach eine ebene, gleichförmige Fläche zur Untersuchung. Bei einem überhaupt hügeligen Boden müssen sowohl Untersuchungen auf den Rücken, als an den Abhängen und in den Thälern unternommen werden.

An der ausgewählten Stelle wird, wo möglich bis zur Unterlage des Bodens, bei tiefgründigem Boden bis zu 3 Fuß Tiefe ein Loch gegraben, und eine der Seitenwände mit dem Spaten scharf und senkrecht abgestochen. Hat man nun dadurch ein Bild des Bodendurchschnittes erlangt, so notirt man sich die Beschaffenheit des Bodens, so weit sich diese aus der Färbung, aus dem Zusammenhange und dem Äußeren der Bodenschichten erkennen läßt. Besonders messe man die Tiefe, bis zu welcher der Boden durch Humus dunkel gefärbt ist, und die Dicke der durch Färbung &c. sich als verschieden zu erkennen gebenden Erdschichten, deren Gehalt an Steinbrocken, Feuchtigkeitsgrad &c. Aus jeder dieser Schichten werden zur genaueren Untersuchung einige Hände voll Erde in ein Papier geschlagen, und darauf die Tiefe bemerkt, aus welcher man die Erde nahm.

Zu Hause breitet man von jeder der Bodenproben eine kleine gewogene Menge auf Papier dünn aus, bis sie nach wiederholtem Wiegen nichts mehr an Gewicht verloren hat, was, je nachdem die Luft mehr oder weniger warm und trocken ist, nach 2—3 Tagen geschieht.

Bestimmung des specifischen Gewichts.

Man füllt nun eine zuvor gewogene Flasche mit destillirtem Wasser, welche nicht größer sein darf, als sie von einer feinen Wage ohne Nachtheil voll Wasser getragen werden kann, also von 4—6 Loth Inhalt, oder auch kleiner; je größer sie ist, um so genauer wird die Wägung. Man bemerkt sich den Wasserinhalt genau. Natürlich kann diese Wägung nicht mit gewöhnlichen bürgerlichen Gewichten geschehen, sondern man verwendet dazu Apotheker- oder französisches Grammengewicht (S. 100), und schlägt es bis auf Bruchtheile von Granen oder Milligrammen aus.

Von der lufttrockenen, von Steinen und anderen gröberen Theilen befreiten Erde bringt man eine gewogene Quantität in die leere Flasche, füllt sie wieder mit Wasser, wartet so lange, bis keine Luftbläschen mehr von der Erde austreten, was man durch Umrühren mit einem Draht

befördert, und ersetzt das von der Erde verschluckte Wasser durch Nachgießen, bis das Wasser wieder genau den Stand wie vor der ersten Wägung hat.

Man wiegt nun die mit Wasser und Erde gefüllte Flasche. Ist a der Wasserinhalt der Flasche, b das Gewicht der Erde, bevor sie ins Wasser kam, und c das Gewicht des Flascheninhalts, wenn sie mit Wasser und Erde gefüllt ist, so ist $a + b - c$ das durch die Erde verdrängte Wasser, oder mit anderen Worten, das Gewicht eines dem der Erde gleichen Volums Wasser. Es ist also $a+b-c : b = 1 : x$ oder $\frac{b}{a+b-c} = x$. Enthält z. B. die Flasche 1000 Gran Wasser, das Gewicht der trockenen Erde beträgt 500 Gran, und der Flascheninhalt nach dem Füllen mit Wasser und Erde 1290 Gran, so ist $1000 + 500 - 1290 = 210$ und $210 : 500 = 1 : x = \frac{500}{210} = 2{,}380$ das specifische Gewicht dieser Erde.

Absolutes Gewicht des Bodens.

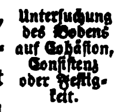
Unter dem **absoluten Gewicht** des Bodens versteht man das Gewicht eines gewissen Volums desselben, gewöhnlich eines pariser Kubikfußes oder Zolles nach Nürnberger Medicinalgewicht.

Schübler hat das specifische und absolute Gewicht der einzelnen Bodenbestandtheile gesucht und in folgender Tabelle zusammengestellt:

Erdarten	Specif. Gew. des Wassers = 1 bei + 4,1° C.	Gewicht eines Pariser Kubikfußes	
		im trockenen Zustande Nürnberger Pfunde	im nassen Zustande Nürnberger Pfunde
Kalksand	2,722	113,6	141,3
Quarzsand	2,653	111,3	136,1
Gyps in Pulver	2,331	91,9	127,6
Lettenartiger Thon	2,601	97,8	129,7
Lehmartiger Thon	2,581	88,5	124,1
Reiner grauer Thon	2,533	75,2	115,8
Kohlensaure Kalkerde in Pulver	2,468	53,7	103,5
Kohlensaure Talkerde	2,194	15,8	76,3
Humussäure	1,370	34,8	89,7
Lehmboden	2,401	84,5	119,1

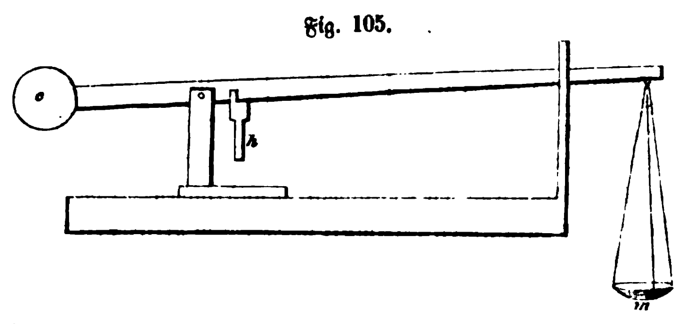
Schwerer und leichter Boden.

Zu erinnern ist noch, daß der praktische Ausdruck **schwerer und leichter Boden** in keiner Beziehung zum specifischen Gewichte steht, sondern vielmehr zur Cohäsion des Bodens. Man nennt nämlich schwer oder leicht einen schwer oder leicht mit Ackerwerkzeugen zu bearbeitenden, also einen mehr oder minder cohärenten Boden. Das specifische Gewicht des Bodens ist im Gegentheil um so größer, je kleiner der Thon-, Kalk- oder Humus-, und je größer der Sandgehalt, also je geringer die Cohäsion ist und umgekehrt.


Untersuchung des Bodens auf Cohäsion, Consistenz oder Festigkeit.

Zur Prüfung des Bodens auf seine **Cohäsion** oder **Consistenz**, wonach er in zähen, bindenden, strengen oder schweren, in mürben oder leicht zerfallenden und in leichten getheilt wird, bringt man nach Schübler den mit einer bestimmten Menge Wasser befeuchteten Boden in eine Form von hartem Holze, oder besser von Metall, etwa 4 Pariser Linien hoch und breit und 2 Zoll lang. Man behandelt nun einmal den Boden im feuchten Zustande, und dann, nachdem man ihn in der Form selbst hatte austrocknen lassen, auf folgende Weise:

Fig. 105.



Über der Form ist ein Wagbalken von 20 Zoll Länge angebracht. *c* ist eine Kugel von Blei, durch welche die an dem längeren Hebelarme befindliche Wagschale *m* im Gleichgewichte gehalten wird, so lange letztere nich mit Gewichten beschwert wird. *h* ist ein Spatel von Stahl, $\frac{1}{5}$ Pariser Linie dick, unten der Breite der Form entsprechend, 4 Linien breit, welcher am Wagbalken mittelst eines Stiftes befestigt ist, daß er immer eine senkrechte Stellung einnimmt. Man legt in die Wagschale so lange Gewichte, bis die Erde durchschnitten ist. Man wählt als Einheit den dichtesten Thon. Wären z. B. zum Durchschneiden des Thons 20 Pfunde Gewicht erforderlich, und für eine zu prüfende Erde 12 Pfunde, so ist $20 : 12 = 100 : x = \frac{1200}{20} = 60$ die Cohäsion der zu prüfenden Erde.

Hartig knetet die gesiebte Erde zu einem steifen Teig an, den er so weit trocknen läßt, bis man ihn formen kann, und bildet daraus 6″ lange und 1″ dicke Walzen, welche er auf einem Ofen vollständig austrocknet, und dann auf 5″ Spannung hohl legt. Genau über die Mitte der Walze wird eine Schleife von dünnem Bindfaden gezogen, an diese eine leichte Wagschale von bekanntem Gewicht gehängt und so lange mit Gewichtstücken beschwert, bis die Walze zerbricht. Je mehr Gewicht die Walze trägt, um so größer ist natürlich die Consistenz des Bodens.

Schübler's Versuche über die Consistenz des Bodens ergaben folgende Resultate:

Erdarten	Im trockenen Zustande	Im nassen Zustande	
	Festigkeit, die des Thons = 100 gesetzt	Anhängen an die Ackergeräthe, bei einer Fläche von 1 Pariser □Fuß	
		an Eisen Pfunde	an Holz Pfunde
Quarzsand	0	3,8	4,3
Kalksand	0	4,1	4,4
Gypserde	7,3	10,7	11,8
Humussäure	8,7	8,8	9,4
Ackererde (Lehmboden) .	33,0	5,8	6,4
Lettenartiger Thon . . .	57,3	7,9	8,9
Reiner grauer Thon . .	100,0	27,0	29,2

Prüfung des Bodens auf die Volumverminderung beim Austrocknen.

Um eine Bodenart auf die Eigenschaft zu untersuchen, vermöge welcher sie beim Austrocknen **zusammenschrumpft** und dadurch **Risse bekommt**, formt man daraus im durchnäßten Zustande gleich große würfelförmige Stücke von wenigstens 8 Kubikzoll, läßt sie so lange an der Luft trocknen, bis sie nichts mehr an Gewicht verlieren, und mißt dann die Stücke, so ergibt sich daraus ihre Volumverminderung. Schübler theilt hierüber folgende Angaben mit:

Erdarten	1000 Kubiklinien verminderten ihr Volum bis auf	1000 Theile verminderten daher ihr Volum um
Quarzsand	0 K.-L.	0
Kohlensaure Kalkerde, Pulver . .	950 " "	50
Lettenartiger Thon	940 " "	60
Lehmartiger Thon	911 " "	89
Ackererde (Lehmboden)	880 " "	120
Reiner grauer Thon	817 " "	183
Humussäure	800 " "	200

Das Schwinden oder Zusammenschrumpfen einer Bodenart steht danach so ziemlich in geradem Verhältnisse zu ihrer wasseranhaltenden Kraft, oder in umgekehrtem zu ihrer Fähigkeit, auszutrocknen. Vgl. unten die betreffende Tabelle.

Prüfung der Wasseraufnahmsfähigkeit des Bodens.

Zur Prüfung des Bodens auf seine **Wasseraufnahmsfähigkeit** zerreibt man 8—9 Pfund Erde gröblich, befreit sie von Steinen und unverwesten organischen Theilen, trocknet sie auf einem Ofen bei etwa 60° C. aus, bis eine darüber gehaltene kalte Porzellan- oder Glasfläche nicht mehr anläuft, pulvert sie und bringt 4 Pfund und 2 Unzen oder 50 Unzen (Med. Gew.) auf ein Filter, gießt langsam ebensoviel Wasser darauf und notirt genau, wie viel Zeit es bedurfte, um durchzufließen. Wenn das Filter zu tropfen aufhört, wiegt man das ins Gefäß abgeflossene Wasser genau und erfährt dadurch, wie viel Wasser von der Erde absorbirt wurde. Man wiederholt diesen Versuch 4 Mal mit derselben Genauigkeit und nimmt dann die Durchschnittszahl, welche man dann als Procente auf 100 Gewichtstheile, oder auf einen Kubikfuß Erde berechnet.

Die von Schübler über die Wasseraufnahmsfähigkeit verschiedener Bodenbestandtheile angestellten Versuche ergaben folgende Resultate:

Erdarten	Wasserfassende Kraft nach Gewicht-Procenten	Ein Pariser Kubikfuß der nassen Erde enthielt Pfunde Wasser
Quarzsand	25	27,3
Gypspulver	27	27,4
Kalksand	29	31,8
Lettenartiger Thon	40	38,8
Lehmartiger Thon	50	41,4
Ackererde (Lehmboden)	52	40,8
Reiner grauer Thon	70	48,3
Kohlensaure Kalkerde, Pulver .	85	47,5
Humussäure	181	50,1
Kohlensaure Talkerde, Pulver . .	256	62,8

Da die Wasseraufnahmsfähigkeit von der Natur der Bodenbestandtheile abhängt, so soll man, wie ein italienisches landwirthschaftliches Journal [1]) angibt, wenn der Versuch nach vorstehendem Gewichtsverhältnisse angestellt wurde, durch Aufsuchen des Gewichtes in der nachstehenden Tabelle, welche sich der gefundenen am meisten nähert, die Zusammensetzung der Bodenart annäherungsweise ableiten können.

Absorbirtes Wasser in			Zeit der Absorption	Beschaffenheit der Erde
Unzen	Drachmen	Granen	Stunden	
2	6	6	3—4	Beinahe reiner Sand, etwas kalkhaltig.
	bis			
3	6	40		
3	3	44	1—1½	Beinahe reine unfruchtbare Kalkerde.
	bis			
3	6	40		
3	7	40	3—4	Leichter Kieselboden, Haideland mit ungefähr 1/5 Thon.
	bis			
4	4	—		
	ebensoviel		1—2	Wenig fruchtbarer Kalkboden.
6	1	52	5—5½	Solche Erde muß arm sein und erschöpft, und ist, wenn sie grau ist, blos Kalk.
	bis			
6	2	4		
6	1	52	8—9	Schwerer Boden mit 2/3 Thongehalt.
	bis			
6	2	20		
8	4	20	9—10	Noch schwererer Boden, fruchtbar.
	bis			
8	5	20		
12	0	48	11—12	Compacte thonhaltige Erde; sie muß 4/5 Thon enthalten.
	bis			
11	6	0		
11	2	8	20—24	Beinahe reiner Thon.
	bis			
11	4	48		
12	1	20	7—8	Unfruchtbarer kalkhaltiger Thon.
	bis			
12	4	0		
13	4	16	1—2	Dammerde.
	bis			
13	7	12		

1) Daraus der Agriculteur-Praticien. März 1845. S. 173 und Dingler's polytechn. Journ. 96. 1845. S. 236.

Prüfung der wasserzurückhaltenden Kraft des Bodens

Um die Zeit zu ermitteln, innerhalb welcher eine Bodenart ihre Feuchtigkeit abgibt, oder um die **wasserzurückhaltende Kraft** des Bodens zu bestimmen, befeuchtet man wie beim vorigen Versuche die Erde auf einem zuvor gewogenen Filter, läßt das Wasser ablaufen, nimmt dann das Filter sammt der Erde aus dem Trichter, und läßt es so lange in einem geschlossenen Zimmer bei gewöhnlicher Temperatur liegen, bis sich beim Wiegen kein weiterer Verlust mehr an Wasser ergibt, d. h. bis die Erde völlig lufttrocken geworden ist.

Schübler erhielt bei seinen Versuchen über die wasseranhaltende Kraft, oder die Fähigkeit, früher oder später auszutrocknen, folgende Resultate:

und

Erdarten	Von 100 Theilen absorbirten Wassers verdunsteten bei + 18° C. in 4 Stunden	Von 100 Theilen aufgenommenen Wassers verdunsteten 90,0 Theile bei + 18° C. in
Quarzsand	88,4 Theile	4 Stunden 4 Minuten
Kalksand	75,9 „	4 „ 44 „
Gypspulver	71,7 „	5 „ 1 „
Lettenartiger Thon	52,0 „	6 „ 55 „
Lehmartiger Thon	45,7 „	7 „ 52 „
Ackererde (Lehmboden)	32,0 „	11 „ 15 „
Reiner grauer Thon	31,9 „	11 „ 17 „
Kohlensaurer Kalk, Pulver . . .	28,0 „	12 „ 51 „
Humussäure	20,5 „	17 „ 33 „
Kohlensaure Talkerde, Pulver . .	10,8 „	33 „ 20 „

der wasseranziehenden Kraft.

Um die wasseranziehende Kraft des Bodens zu erfahren, breitet man wie oben getrocknete Erde auf eine Glasplatte aus, nachdem man zuvor Erde und Platte, jedes für sich gewogen hat, und stellt nun die Platte mit der Erde über ein mit Wasser gefülltes Gefäß, jedoch so, daß ein Zwischenraum zwischen Beiden zur Verdunstung des Wassers bleibt, bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke, läßt es bei 15 bis 18° C. einige Zeit stehen, und wiegt dann die Platte mit der Erde, und dann die von der Erde befreite Platte. — Ist das Gewicht der trockenen Erde a, das der trockenen Platte = b, das der feuchten Erde und Platte zusammen = c, das der nassen Platte = d, und die Zeit, während welcher die Erde unter der Glocke blieb n, so ist $d - b$ das von der Platte, $c - (a + d)$ das von der Erde absorbirte Wasser, wonach sich nun leicht berechnen läßt, wie viel Wasser 100 Theile Erde in n Stunden aus der Luft absorbiren.

Über die wasseranziehende Kraft der Erdarten macht Schübler folgende Angaben:

Erdarten	1000 Gewichtstheile trockener Erde, die auf einer Scheibe ausgebreitet waren und sich unter einer mit Wasser gesperrten Glasglocke befanden, absorbirten in			
	12	24	48	72
	Stunden			
Quarzsand	0	0	0	0
Gypspulver	1	1	1	1
Kalksand	2	3	3	3
Ackererde (Lehmboden)	16	22	23	23
Lettenartiger Thon	21	26	28	28
Lehmartiger Thon	25	30	34	35
Kohlensaure Kalkerde, Pulver	26	31	35	35
Reiner grauer Thon	37	42	48	49
Kohlensaure Talkerde, Pulver	69	76	80	82
Humussäure	80	97	110	120

Prüfung des Bodens auf die Fähigkeit, Sauerstoffgas zu absorbiren.

Will man einen Boden prüfen auf seine Fähigkeit, Sauerstoffgas aus der Luft anzuziehen, so bringt man eine abgewogene Quantität Erde im befeuchteten Zustande in eine Flasche, welche eine bestimmte Menge atmosphärische Luft faßt, verschließt sie luftdicht mit einem gläsernen Stöpsel, Harz oder Wachs, und untersucht nach mehreren Tagen den Luftinhalt der Flasche mittelst eines genauen Eudiometers auf seinen Gehalt an Sauerstoff. Die Menge des absorbirten Sauerstoffgases ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalte der hier eingeschlossenen Luft und dem gewöhnlichen Gehalte der atmosphärischen Luft.

Prüfung der wärmehaltenden Kraft.

Um die wärmehaltende Kraft eines Bodens zu erfahren, oder dessen Eigenschaft, die ihm durch die Sonnenstrahlen oder Lufttemperatur mitgetheilte Wärme in verschiedenen Zeiträumen zurückzuhalten oder wieder abzugeben, welche auf seiner specifischen Wärme und Leitungsfähigkeit für Wärme beruht, untersucht man die Temperatur einer bestimmten Menge Erde, erwärmt sie dann bis zu einem gewissen Grade, und beobachtet dann mittelst eines in die Mitte hineingesteckten Thermometers die Zeit, bis zu welcher die Erde sich wieder zur ersten Temperatur abkühlt. Zur Vergleichung setzt man hierbei gewöhnlich die wärmehaltende Kraft des Kalksandes = 100.

Schübler's Versuche ergaben hierüber folgende Resultate:

Erdarten	Wärmehaltende Kraft, die des Kalksandes = 100 gesetzt	Länge der Zeit, welche 30 Kubikzoll Erde nöthig hatten, um in einer Temperatur von 16° C. von 62° bis 21° zu erkalten.
Kalksand	100,0	in 3 Stunden 30 Minuten
Quarzsand	95,6	„ 3 „ 20 „
Lettenartiger Thon	76,9	„ 2 „ 41 „
Gypspulver	73,8	„ 2 „ 34 „
Lehmartiger Thon	71,8	„ 2 „ 30 „
Ackererde (Lehmboden)	70,1	„ 2 „ 27 „
Reiner grauer Thon	66,7	„ 2 „ 19 „
Kohlensaure Kalkerde, Pulver . .	61,0	„ 2 „ 10 „
Humussäure	49,0	„ 1 „ 43 „
Kohlensaure Talkerde, Pulver . .	38,0	„ 1 „ 20 „

Chemische Analyse des Bodens.

Der wichtigste Theil der Bodenuntersuchung ist die Bestimmung der einzelnen Bestandtheile, welche man zwar zum Theil mechanisch, größtentheils aber nur chemisch von einander abscheiden kann. Sie heißt daher gewöhnlich **chemische Analyse des Bodens.**

Chemische Analyse des Bodens für praktische Zwecke.

Für praktisch forstliche Zwecke ist es hinreichend, 1) den Wassergehalt, 2) die Quantität der mechanisch abscheidbaren Gemengtheile, wie Gesteinbrocken und unzersetzte Pflanzentheile, 3) die Menge des Humus, 4) das gemeinschaftliche Gewicht der Kalk- und Talkerde, 5) das des Eisens und Mangans, 6) des Sandes und 7) des Thons zu bestimmen.

Man verfährt zu diesem Zwecke folgendermaßen:

Man erhitzt etwa 1000 Gran völlig lufttrockene, zwischen den Händen zerriebene Erde auf einem Zimmerofen oder in einem Backofen bis etwa 100° C. (viel höhere Temperatur würde die organischen Theile zerstören, viel niedrigere nicht hinreichen) so lange, als noch eine darüber gehaltene kalte Glas- oder Metallfläche von Wasserdämpfen anläuft. Was die Erde hierbei an Gewicht verliert, ist ihr Wassergehalt.

Um unzersetzte Pflanzentheile und Steine zu entfernen, zerreibt man eine etwas größere, ebenfalls abgewogene Quantität Erde zwischen den Händen und schlägt durch ein (gegen das Verstäuben bedecktes) Drahtsieb, dessen Maschen etwa 1 Pariser Linie weit sind, zerreibt das Zurückbleibende nochmals, jedoch nicht auf dem Siebgitter, sondern blos zwischen den Händen, bis nichts mehr zurückbleibt, als faserige Pflanzentheile und dem Drucke der Finger widerstehende mineralische Gemengtheile. Man wiegt den Rückstand, welchen man hierauf durch Schlemmen von den organischen Theilen trennt; trocknet, wiegt wieder und zieht das Gewicht der letzteren vom gemeinschaftlichen Gewichte ab, so bleibt das Gewicht der organischen Theile als Rest. Enthält die abgeschlemmte Masse eine beträchtliche Menge größerer Steine, so müßten diese durch ein entsprechendes gröberes Sieb abgesondert und gewogen werden.

Um den Humusgehalt zu bestimmen, übergießt man eine abgewogene Menge zerriebener, aber nicht gesiebter Erde bei gewöhnlicher Temperatur mit einer schwachen Auflösung von kohlensaurem Kali oder kohlensaurem Natron, wo sich bei öfterem Umrühren der Humus in 24 Stunden auflöst. Man bringt den Rückstand auf ein Filter, wäscht mit Wasser aus, trocknet und wiegt denselben. Der Gewichtsverlust ist das Gewicht des Humus. Oder man glüht die getrocknete Erde, wo man den Humusgehalt mit Inbegriff der unverwesten organischen Theile erhält, wenn man den Glühverlust wegen der zurückbleibenden Kohle um etwa $1/_8$ größer nimmt. Wendet man beide Verfahren an und zieht den beim Behandeln mit kohlensaurem Alkali erhaltenen Verlust vom Glühverlust ab, so erhält man die Menge der verwesten und unverwesten Theile jede für sich.

Man übergießt sodann die Erde (am besten eine geglühte Partie) mit einer Mischung von 1 Theil Salpetersäure mit 100 Theilen Wasser und läßt diese bei gewöhnlicher Temperatur so lange damit in Berührung, als noch Gasbläschen von Kohlensäure entweichen. Die kohlensaure Kalk- und Talkerde sind dann ausgezogen. Man filtrirt, wäscht aus, trocknet und wiegt. Der Gewichtsverlust ist die gemeinschaftliche Menge der kohlensauren Kalk- und Talkerde.

Die so mit Salpetersäure behandelte Erde wird nun ebenso mit concentrirter Salzsäure behandelt. Nachdem die Säure einige Tage unter öfterem Umschütteln darüber gestanden, gießt man sie ab und ersetzt sie, wenn die Erde noch von Eisen braun gefärbt ist, durch neue. Hat sich die Eisenfarbe ganz verloren, oder war gar keine, oder eine schwarze Färbung vorhanden, so übergießt man die Erde mit Wasser, und wenn sie sich abgesetzt hat, ersetzt man letzteres so oft durch neues, als es noch mit Blutlaugensalz auf Eisen reagirt. Dann bringt man einen Tropfen Blutlaugensalzlösung auf eine Glasplatte, säuert dieselbe mit sehr verdünnter reiner Salzsäure an und bringt nun eine sehr kleine Quantität der von der Salzsäure nicht aufgelösten, wohl ausgewaschenen Erde hinzu. Wird dieselbe blau gefärbt, so muß sie abermals mit Salzsäure ausgezogen werden. Geglühte Erde wird schneller ausgezogen, als nicht geglühte.

Wird kein Eisen mehr ausgezogen, so bringt man den Rückstand auf ein Filter, wäscht mit Wasser aus und versetzt die vereinigten Flüssigkeiten mit Ätzkali bis zur alkalischen Reaction. Die Thonerde bleibt in Verbindung mit Kali gelöst und das Eisen wird als Eisenoxydhydrat (nebst dem wenigen Mangan), als welches es auch größtentheils im Boden vorhanden ist, gefällt, getrocknet und gewogen.

Vom Rückstande wird nun der ungelöst gebliebene Theil des Thons (nebst den organischen Theilen bei ungeglühter Erde) abgeschlemmt und der zurückgebliebene Quarzsand getrocknet und gewogen.

Zieht man die Summe der Gewichte der organischen Theile, der Kalk- und Talkerde und des Quarzsandes von der angewendeten Menge der Erde ab, so ist der Rest die Menge des Thons.

Nach Hartig soll man die Kalk- und Talkerde mit Essigsäure und dann das Eisen mit verdünnter Salzsäure ausziehen, wobei Kieselsäure und Thonerde zurückblieben. Die Methode ist allerdings weit einfacher, als die angegebene, allein ich erhielt bei einem Versuche mit derselben ein unrichtiges Resultat. Die gewöhnliche käufliche, aber eisenfreie Salzsäure hatte bei einer Verdünnung mit 3 Theilen Wasser bei gewöhnlicher Temperatur auch nach 4 Wochen noch lange nicht alles Eisen, wohl aber, und dies auch noch bei sechsfacher Verdünnung, eine sehr bedeutende Menge Thonerde ausgezogen. Essigsäure statt verdünnter Salpetersäure vertheuert die Untersuchung unnöthigerweise.

Der am Ende zurückgebliebene Sand wird getrocknet, auf weißem Papier ausgebreitet und mit einer Lupe, oder, wenn die Theile sehr fein sind, mit einem zusammengesetzten Mikroskop untersucht. Ein geübtes Auge erkennt dabei die Körner der Mineralien, deren Grus die Erde bildet. Die glänzenden, mehr oder weniger durchsichtigen, farblosen, gelblichen oder röthlichen Körner sind Quarzsand, andere undurchsichtige, weiße, röthliche oder gelbliche Körner von matterem Glanze sind Feldspathstückchen, metallartig schimmernde Blättchen sind Glimmer, grauliche oder schwarze Stücke können Basalt oder Thonschiefer sein ꝛc. Zweckmäßig wäre es in dieser Beziehung, sich an zerriebenen Theilen der oben aufgeführten Hauptgesteine mit dem Mikroskop zu üben, nachdem man dieselben durch Schlemmen von dem feinsten Staube befreit hat. Auch die Größe der Körner ist als von wesentlichem Einflusse auf die Beschaffenheit des Bodens sehr zu beachten.

Liefert auch freilich diese Art der Bodenuntersuchung, was namentlich die Trennung des Sandes und Thons durch Schlemmen betrifft, keine ganz genauen Resultate, so reicht sie doch für praktische Zwecke, d. h. zur Beurtheilung und Classification des Bodens, vollkommen hin, und kann auch von weniger in chemischen Arbeiten Bewanderten angestellt werden. Zu rein wissenschaftlichen Zwecken wäre außer der genaueren Trennung der angeführten Bestandtheile auch die Abscheidung der hier vernachlässigten Verbindungen des Kali, Natron und Ammoniak und außer den kohlensauren und kieselsauren Verbindungen auch die Quantität der Chloride, Sulphate, Nitrate und Phosphate zu ermitteln nöthig. Eine solche Arbeit erfordert indessen schon große Genauigkeit und Gewandtheit im Arbeiten und kann deswegen, so wie wegen des hierzu nöthigen Aufwandes an Zeit und nicht überall in erforderlicher Reinheit vorhandener Reagentien, nur von einem Chemiker von Fach mit Aussicht auf Erfolg angestellt werden. Der Plan zu einer solchen Untersuchung besteht etwa in Folgendem:

Chemische Analyse des Bodens für wissenschaftliche Zwecke.

Es ist hier, wie bei allen genaueren quantitativen Analysen zweckmäßig, eine qualitative Untersuchung vorangehen zu lassen.

Qualitative Analyse.

Man reibt eine abgewogene, wie oben abgesiebte Quantität Erde mit Wasser in einer Reibschale an, bringt sie von da auf ein Filter und wäscht dort so lange mit Wasser aus, bis ein Tropfen des Durchgegangenen auf Glas oder Platin beim Verdampfen keinen Fleck hinterläßt. Hiervon dampft

man die Hälfte zur Trockne ab, um beurtheilen zu können, wie groß die Menge der in Wasser auflöslichen Bodenbestandtheile ist, theils um, wo es hauptsächlich auf diese Bestandtheile ankommt, eine hinreichende Menge der Erde in Arbeit nehmen zu können, theils zur Controle der Quantität der Bestandtheile. Die andere Hälfte der Flüssigkeit unterwirft man einer qualitativen Analyse, d. h. man reagirt auf alle Substanzen, welche im Boden vorkommen können, um bei der quantitativen Analyse im Voraus zu wissen, auf welche Verbindungen man keine Rücksicht zu nehmen braucht, wodurch das Verfahren nicht unbedeutend vereinfacht werden kann.

Die Gegenwart der **Humussäure** ergibt sich schon beim Abdampfen der ersteren Hälfte der Flüssigkeit durch die gelblichbraune Farbe des Rückstandes, ebenso, wenn man etwas Erde mit Ammoniakflüssigkeit oder kohlensaurem Kali erwärmt, aus der braunen Farbe der Auflösung, woraus Salzsäure die Humussäure in braunen Flocken fällt.

Die **Schwefelsäure** erkennt man an dem weißen, pulverigen, schweren Niederschlag, welcher auf Zusatz von salpetersaurer Barytlösung entsteht und durch überschüssige Salzsäure nicht wieder verschwindet.

Die **Salzsäure** oder vielmehr das Chlor der Chloride (früher für salzsaure Oxyde betrachtet) bildet mit salpetersaurer Silberoxyd-Auflösung einen weißen käsigen Niederschlag von Chlorsilber, nachdem man zuvor die Flüssigkeit mit Salpetersäure angesäuert hat.

Die **Phosphorsäure** wird aus der mit Ammoniak versetzten Flüssigkeit durch schwefelsaure Magnesia als weißer krystallinischer, langsam und zwar zuerst an den Wänden des Glases sich fest ansetzender Niederschlag und aus einer anderen (nicht mit Ammoniak versetzten), nöthigenfalls mit Kali oder Natron neutralisirten Probe, aus welcher, wie oben angegeben, das Chlor entfernt sein muß, durch salpetersaures Silberoxyd als gelber Niederschlag abgeschieden. Oder man ermittelt sie durch Eisenchlorid nach S. 215.

Die **Salpetersäure** bildet nach der Abscheidung aus ihren Salzen durch concentrirte Schwefelsäure in einer möglichst concentrirten Auflösung auf Zusatz von überschüssigem schwefelsaurem Eisenoxydul eine dunkelschwarzbraune, bei geringer Menge derselben hellbraune, bis gelbliche Färbung. Oder man mengt etwas von der eingetrockneten Flüssigkeit mit Kohle; das Gemenge verpufft auf einem glühenden Bleche, oder für sich auf glühender Kohle. Etwas von der concentrirten Auflösung mit concentrirter Schwefelsäure und metallischem Kupfer oder Tombak (unächtem Blattgold) zusammengebracht entwickelt rothgelbe Dämpfe von salpetriger Säure.

Die **Kohlensäure** erkennt man aus dem Aufbrausen der eingetrockneten Flüssigkeit beim Übergießen mit Salzsäure.

Die **Thonerde**, welche im wässerigen Auszug als humussaure Verbindung in nur sehr kleiner Menge gelöst sein kann, wird durch kohlensaures Kali nebst Kalk- und Talkerde gefällt, löst sich aber in Ätzkali wieder auf und wird aus der filtrirten Auflösung durch geringen Zusatz von Salzsäure als weißer gelatinöser Niederschlag gefällt, durch mehr Säure

wieder gelöst und aus der Auflösung ebenso wieder durch Ammoniak oder kohlensaures Kali gefällt, ohne sich im Überschusse derselben wieder aufzulösen [1]).

Die **Kalkerde** bildet mit oxalsaurem Ammoniak oder mit Sauerkleesalz einen in freier Salz- oder Salpetersäure löslichen, in Essigsäure aber fast unlöslichen, auch bei kleinen Mengen Kalk sehr reichlichen weißen Niederschlag [1]).

Die **Magnesia** gibt sich zu erkennen, wenn man der Flüssigkeit, woraus, wie oben angegeben, der Kalk gefällt worden ist, neutrales phosphorsaures Ammoniak zusetzt, als weißer krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia [1]).

Das **Kali** wird aus der von Kalk und Magnesia befreiten und durch Abdampfen stark concentrirten Flüssigkeit durch überschüssige Weinsteinsäure als weißer krystallinischer, der Kieselerde ähnlicher Niederschlag von doppeltweinsteinsaurem Kali gefällt, welcher sich in vielem Wasser wieder auflöst.

Das **Natron** wird aus der von allen genannten Basen befreiten Flüssigkeit durch neutrales antimonsaures Kali bei großer Menge Natron als flockiger, bei geringer Menge als ein aus quadratischen Prismen bestehender weißer Niederschlag gefällt. Oder man bringt etwas von der von den übrigen Basen befreiten concentrirten Flüssigkeit an einem Platin- oder Eisendraht in die Löthrohrflamme, welche davon intensiv pomeranzengelb gefärbt wird. Oder man befreit dieselbe Flüssigkeit auch noch von Phosphor- und Schwefelsäure durch essigsauren Baryt, von Salzsäure durch essigsaures Silberoxyd, trocknet und glüht das zurückbleibende essigsaure Natron, welches dadurch in kohlensaures verwandelt wird, und prüft mit rothem Lackmuspapier; eine alkalische Reaction kann dann nur von Natron herrühren.

Das **Ammoniak** wird ermittelt, indem man die Flüssigkeit bis auf ein Minimum (aber nicht bis zur Trockne) abdampft, nachdem man sie zuvor mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt hat, damit das Ammoniak, wenn es als kohlensaure Verbindung vorhanden ist, nicht beim Abdampfen entweiche, und dann mit Ätzkalk oder Kali versetzt. Der Ammoniakgeruch, die Bläuung eines blos über die Flüssigkeit gehaltenen feuchten

---

1) John Davy empfiehlt zur Unterscheidung von phosphorsaurer Kalkerde und phosphorsaurer Magnesia von Thonerde, wenn sie zusammen durch Ammoniak gefällt worden sind, die Anwendung des Mikroskops. Die Thonerde erscheint durchsichtig, während die Kalkerde ein sehr feinkörniges Aussehen hat. Auf Zusatz eines Tropfens verdünnter Schwefelsäure tritt die Erscheinung noch deutlicher hervor. Wenn der Niederschlag ganz aus Thonerde besteht, erscheint er glasartig, auch noch nach dem Verdampfen zur Trockne. Bei phosphorsaurem Kalk schießen gleich nach dem Zusatz einer richtigen Menge Schwefelsäure nadelförmige Krystalle an, die mit zarten rhombischen Tafeln gemengt sind. Phosphorsaure Magnesia erscheint vor dem Säurezusatz in wohl ausgebildeten Krystallen, die durch die Säure verschwinden.

rothen Lackmuspapiers und die Entstehung weißer Nebel bei Annäherung eines mit Essig- oder verdünnter Salzsäure befeuchteten Glasstabs ergibt die Gegenwart des Ammoniaks.

Will man die Erde auch auf vom Ammoniak unabhängigen **Stickstoffgehalt** ihrer organischen Bestandtheile prüfen, so erhitzt man etwas durch Ausziehen mit Wasser von Ammoniak und Ammoniaksalzen befreite Erde allmälig in einem unten zugeschmolzenen Glascylinder (Reagircylinder), nachdem man dieselbe mit etwa gleichen Theilen gebrannten Kalk gemengt und die Öffnung des Cylinders lose mit einem Kork bedeckt, woran ein Streifen rothes Lackmuspapier befestigt ist. Sind stickstoffhaltige Körper da, so wird das Lackmuspapier von dem daraus entstehenden Ammoniak blau gefärbt.

Das **Eisen** wird aus der (am besten von den erdigen Basen schon befreiten) neutralen Flüssigkeit mittelst Gallustinctur, wenn es Oxydul ist, als violetter, nachher blauschwarzer, wenn Oxyd, sogleich als blauschwarzer Niederschlag gefällt. Durch Kaliumeisencyanür (Blutlaugensalz) wird Oxydul weiß oder hellblau, das Oxyd schön dunkelblau gefällt. Bei Gegenwart von Kalk wird auch dieser vom Blutlaugensalz zum Theil gefällt als weißer Niederschlag, welcher sich aber in vielem Wasser wieder auflöst unter Zurücklassung des Eisenniederschlags für sich.

Das **Mangan** wird erkannt, wenn man die noch eisenhaltige Flüssigkeit mit Chlorammonium und Ammoniak versetzt, wobei alles Eisenoxyd als Hydrat gefällt wird, während das Manganoxydul als ammoniakalisches Doppelsalz in Auflösung bleibt, oder man fällt das Eisen mit bernsteinsaurem oder benzoësaurem Ammoniak- oder Natronsalz. Das in Auflösung bleibende Mangan wird hierauf mit Ätzkali als weißer, an der Luft bald gelb und allmälig schwarz werdender, durch Chlorkalkauflösung sogleich als braunschwarzer Niederschlag gefällt, wovon eine sehr kleine Menge mit Borax oder Phosphorsalz in der Oxydationsflamme des Löthrohrs ein schön amethystfarbenes Glas bildet, welches in der Reductionsflamme farblos wird. Zu viel Mangan färbt das Glas schwarz. — Durch Erhitzen der Flüssigkeit mit verdünnter Salpetersäure und etwas Bleihyperoxyd erkennt man, nach Crum, noch gegen $\frac{1}{5000}$ Mangan an der purpurrothen Färbung der entstehenden Übermangansäure.

Auf Kupfer könnte man prüfen, indem man eine größere Menge der noch nicht auf andere Salze bearbeiteten Flüssigkeit schwach ansäuert und mit Schwefelwasserstoffgas behandelt. Ein schwarzer Niederschlag kann hier nur Schwefelkupfer oder -Blei sein. Man löst den abgelagerten und durch öfteres Decantiren ausgewaschenen Niederschlag in concentrirter Salpetersäure. Bildet eine Probe davon mit Schwefelsäure einen weißen, in Säuren unauflöslichen Niederschlag, so ist Blei vorhanden. Man prüft dann andere Theile davon mit Blutlaugensalz, welches bei vorhandenem Kupfer einen braunrothen Niederschlag erzeugt, mit Ammoniak, welches die Flüssigkeit tief dunkelblau färbt, und stellt in eine andere Portion ein blankes Eisenstück, so bedeckt sich dies mit einem Überzug von metallischem Kupfer.

Die mit Wasser ausgezogene Erde wird mit concentrirter Salzsäure gekocht. Der salzsaure Auszug kann enthalten:

1) Kohlensauren Kalk und Magnesia.

2) Mangan- und Eisen-Oxyd und -Oxydul für sich, oder als Silicate, nun als Chloride oder Chlorüre gelöst.

3) Gyps, wenn er in so großer Menge vorhanden war, daß, um ihn vollständig durch Wasser auszuziehen, vermöge seiner Schwerlöslichkeit (1 in 462) zu lange Zeit nöthig gewesen wäre.

4) Basische Phosphate von Kalkerde, Eisenoxyd und Eisenoxydul.

5) Silicate von Thonerde, Kali und Natron, nun als Chloride. Man reagirt auf diese Basen und ihre Säuren in der oben angegebenen Weise.

Um die **Thonerde** zu finden, wird die Lösung mit kohlensaurem Kali gefällt; ein Zusatz von Ätzkali löst unter Zurücklassung aller übrigen Basen die Thonerde wieder auf. Nach dem Filtriren wird die Thonerde durch Säure als weißer gelatinöser durchscheinender Niederschlag gefällt, welcher sich in überschüssiger Säure wieder auflöst. Ein Theil des Niederschlags getrocknet und mit salpetersaurer Kobaltlösung vor dem Löthrohr behandelt, färbt sich schön schmalteblau.

Die **Kieselerde** bleibt beim Ausziehen mit concentrirter Salzsäure zurück. Man behandelt daher den Rückstand mit Ätzkalilösung, welche die Kieselerde auflöst. Sie wird durch concentrirte Salzsäure als weißer gelatinöser Niederschlag gefällt, welcher sich in vielem Wasser wieder auflöst.

Das **Eisenoxyd** bildet auf Zusatz von Kaliumeisencyanür einen dunkelblauen, das Oxydul einen hellblauen Niederschlag. Die Lösung des ersteren wird durch Kaliumeisencyanid gar nicht gefällt, sondern nur roth gefärbt, die des Oxyduls dagegen dunkelblau gefällt.

Nachdem man sich so durch die qualitative Analyse mit der Art der vorhandenen Bestandtheile bekannt gemacht hat, geht man zur quantitativen Analyse oder zur Bestimmung der Menge der einzelnen vorgefundenen Bestandtheile über.

Genaue quantitative Analyse des Bodens.

Die Zerkleinerung der Erde, so wie die Absonderung der Steine bleibt wie bei der Analyse zu praktischen Zwecken.

Zur Bestimmung des **Wassergehalts** wird eine lufttrockene Probe gewogen und darauf im Wasserbade getrocknet. Dann wird davon eine kleinere Probe in einem am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhrchen gewogen und im Ölbade bis 130° C. erhitzt, bis sie nicht mehr am Gewichte verliert, wonach dann der Wassergehalt auf das Ganze berechnet wird.

Bestimmung der organischen Bestandtheile.

Diese Probe wird nun sogleich auf den **Gesammtgehalt an organischen Bestandtheilen** untersucht. Hierzu wird gewöhnlich vorgeschrieben, man solle bis zur vollkommenen Verbrennung in einem offenen Ziegel glühen. Allein eine solche Verbrennung, namentlich bei so großer Menge von luftzutritthindernden feuerbeständigen Stoff, wie hier, ist außerordentlich zeitraubend und dabei ist man nie sicher, daß keine unver-

brannte Kohle mehr vorhanden ist. Bei Zusatz von Salpetersäure gelingt die Verbrennung sehr schnell, allein man erhält hierbei kein richtiges Resultat, weil eine unbekannte Quantität von verschiedenen Carbonaten erst in salpetersaure, dann in freie Basen verwandelt wird.

Dasselbe ist der Fall bei Zusatz von salpetersaurem Kali, weil dieses nur zum Theil in kohlensaures, das überschüssige aber (wozu die Kohle nicht hinreicht) in freies Kali verwandelt wird (vgl. S. 225). Man bedient sich daher am zweckmäßigsten des salpetersauren Ammoniaks, welches sich in der Hitze vollständig verflüchtigt.

Man erhitzt die abgewogene, im Ölbade getrocknete Erde in einem geräumigen Platin- oder Silbertiegel und setzt so lange salpetersaures Ammoniak in kleinen Portionen unter öfterem Umrühren zu, als noch eine Verpuffung erfolgt. Das Salz muß aber trocken sein und der Tiegel glühen, sonst verdampft es, ohne zu verpuffen. Will man einen Porzellantiegel anwenden, so muß man, namentlich Anfangs, sehr kleine Portionen eintragen, weil er leicht springt.

Die Erhitzung darf aber nur ein dunkles Rothglühen erreichen, weil sonst die kohlensaure Kalk- und Bittererde ihre Kohlensäure fahren lassen. Um sicher zu sein, daß dies nicht geschehen sei, kann man die geglühte Erde mit einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak befeuchten und stark austrocknen, ohne jedoch bis zum Glühen zu erhitzen. Dabei nehmen diese Erden ihre verlorene Kohlensäure wieder auf. Findet man daher das Gewicht vermehrt, so muß diese Operation so oft wiederholt werden, bis zwei aufeinander folgende Wägungen ein gleiches Resultat geben, worauf man dann die Gewichtszunahme von dem ersten Glühverluste abzuziehen hat.

Trotz aller Vorsicht bleibt aber bei dieser Methode ein theilweiser oder vollständiger Verlust an Hydrat- und Krystallwasser der anorganischen Bestandtheile und die Zersetzung der salpetersauren und schwefelsauren Salze durch die verkohlten organischen Stoffe unvermeidlich. Am sichersten begegnet man noch diesen Übelständen durch Bestimmung der organischen Bodenbestandtheile mittelst der Elementaranalyse (s. S. 272).

Man findet durch die Verbrennung den Gesammtgehalt der Erde an Pflanzenüberresten, verwesten sowohl als noch unveränderten, wovon man aber das später noch zu ermittelnde Gewicht der vorhandenen Ammoniaksalze abziehen muß, und schreitet nun zur Ausscheidung desjenigen, was hiervon an Humussäure, Humuskohle, Wachs und Harz vorhanden ist, nach deren Abzug das Gewicht der unverwesten organischen Substanzen zurückbleibt.

Bestimmung der Humussäure.

Zur Bestimmung der **Humussäure** digerirt man etwa 1000 Gran Erde mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron mehrere Stunden bei $+ 70-80^{0}$ C., wäscht sie auf einem Filter so lange aus, als das Ablaufende gefärbt ist, fällt die Humussäure aus der Flüssigkeit mit Salzsäure, wäscht auf zwei ineinander gesteckten Filtern von gleichem Gewicht aus bis zum Aufhören der starksauren Reaction, denn eine schwachsaure

Reaction kann von Humussäure herrühren. Die getrocknete Humussäure wird sodann gewogen, hierauf, sammt dem inneren Filter, wie oben angegeben, verbrannt und die Asche gewogen, dann das äußere Filter ebenfalls, aber für sich verbrannt und das Gewicht seiner Asche von der vorigen abgezogen. Der Rest ist das Gewicht der zugleich mit der Humussäure durch das kohlensaure Natron aus der Erde ausgezogenen Substanzen. Man zieht denselben von dem Gewichte der unverbrannten Humussäure ab.

Bestimmung der Humuskohle.

Zur Bestimmung der **Humuskohle** verwendet man den beim Ausziehen der Humussäure bleibenden Rückstand. Da man ihn aber nach dem Trocknen nicht wieder vollständig vom Filter herunterbringt, so nimmt man davon, nachdem man ihn zur Vermeidung von Ungleichartigkeit, sorgfältig gemengt hat, die Hälfte oder ein Viertel, kocht ihn einige Stunden mit mäßig concentrirter Kalilauge unter Ersetzung des verdampfenden Wassers, verdünnt dann mit Wasser, filtrirt, wäscht aus, so lange das Wasser noch gefärbt durchgeht. War die Menge der Humuskohle, was sich schon vom Ansehen ergibt, bedeutend, so zieht man den auf dem Filter lufttrocken gewordenen Rückstand noch ein- oder zweimal mit Kali aus und filtrirt wieder durch das nämliche Filter. Die so erhaltene Humussäure wird nun gefällt und eingeäschert, wie oben bei Bestimmung der Humussäure angegeben wurde, und man kann dann für das gefundene Gewicht der Humussäure ein gleiches Gewicht Humuskohle in Rechnung bringen.

Auszug mit Aether.

Um nun die wachsartigen und harzigen Bestandtheile, so wie den Humusgehalt des Bodens einzeln zu bestimmen, zieht man zunächst eine Quantität der Erde, deren Größe sich aus der qualitativen Analyse bemessen lassen wird (etwa 2000—4000 Gran) mit Äther aus in einem Verdrängungsapparate (s. S. 58). Man destillirt den Äther ab bis auf einen kleinen Rückstand, den man auf einem zuvor gewogenen Uhrglase vollends freiwillig verdunsten läßt. Das Gewicht des Rückstandes ergibt den Gehalt des Bodens an **wachsartigen** Stoffen.

Auszug mit absolutem Alkohol.

Ebenso zieht man mit möglichst wasserfreiem Weingeist aus. Von dem Auszug, welcher **Harz** (besonders bei Haideboden), Chlor, Calcium und Magnesium enthält, wird der Weingeist bis auf eine geringe Menge abdestillirt, der Rückstand mit Wasser verdünnt, das gefällte Harz abfiltrirt und gewogen und die Kalkerde mit oxalsaurem Ammoniak, die Bittererde aber durch Kochen mit kohlensaurem Kali niedergeschlagen, getrocknet, gewogen und auf **Chlorverbindungen** berechnet.

Bestimmung des Stickstoffgehalts der in dem Boden enthaltenen organischen Substanzen.

Zur Bestimmung des in den organischen Substanzen des Bodens befindlichen Stickstoffgehalts mengt man eine bedeutende Quantität (5000 bis 6000 Gran) Erde mit dem gleichen Gewichte Kalkhydrat, bringt sie schnell in eine mit Gasleitungsrohr versehene beschlagene Retorte und leitet das beim Erhitzen erhaltene Gas in schwach mit Salzsäure angesäuertes Wasser, in welches man etwas Lackmuspapier bringt. Es entweicht hierbei nicht blos das Ammoniak, welches durch Erhitzen der Kalkerde mit stickstoffhaltigen Körpern entsteht, sondern auch das in den Ammoniaksalzen des Bodens enthaltene, was man daher am Ende der Arbeit in Abzug

bringen muß, und bildet mit der Salzsäure Chlorammonium, welches man durch Abdampfen, zuletzt bei sehr gelinder Wärme auf einem Uhrglase oder als Niederschlag mit Platinchlorid bestimmt und den Stickstoffgehalt daraus berechnet. Ist dieser sehr bedeutend, so wird das Lackmuspapier am Ende blau und man muß daher neue Salzsäure zusetzen.

Hierauf zieht man die Erde mit wässerigem Weingeist (von etwa 30%) aus. Der Auszug enthält die **Chlorete** der **Alkalien**. Das Kali wird durch Weinsteinsäure aus der durch Abdampfen concentrirten Flüssigkeit gefällt, das Natron durch Auflösung von neutralem antimonsauren Kali.

Auszug mit wässerigem Weingeist.

Die Erde wird sodann mit Wasser ausgezogen. Der Auszug enthält die Carbonate, Sulphate, Nitrate und Phosphate der Alkalien, den Gyps und die kleine Quantität phosphorsaurer Kalkerde, welche sich in Humussäure auflöst.

Auszug mit Wasser.

Die Flüssigkeit wird zur Sättigung der Carbonate mit Essigsäure versetzt und abgedampft. Weingeist zieht das als Carbonat vorhanden gewesene, nun essigsaure Kali, Natron und Ammoniak aus. Der Weingeist wird abdestillirt, der Rückstand wird mit Ätzkalk in einer geräumigen Retorte mit einer Vorlage destillirt, welche Salzsäure enthält; letztere verbindet sich mit dem Ammoniak. Das Destillat wird mit Platinchlorid versetzt, eingetrocknet und aus dem Rückstand das überschüssige Platinchlorid mit Alkohol ausgezogen, getrocknet, gewogen und die Menge des **kohlensauren Ammoniaks** daraus berechnet.

Oder man bringt statt Salzsäure (nach Anthon) Alkohol in die Vorlage, welcher das Ammoniak absorbirt. Um zu sehen, ob kein Ammoniak mehr übergeht, wechselt man die Vorlage mit einer anderen mit frischem Alkohol, und prüft dann, ob der Alkohol noch eine weiße Trübung mit Schwefelsäure gibt von schwefelsaurem Ammoniak, welches in Alkohol unlöslich ist. Ist dies nicht mehr der Fall, so neutralisirt man das Ammoniak so vollkommen als möglich, löst den Niederschlag in Wasser, fällt dann die Schwefelsäure durch Chlorbaryum und berechnet aus der Schwefelsäure das Ammoniak.

Vom Rückstande in der Retorte wird die ungelöste Kalkerde abfiltrirt, ausgewaschen, die aufgelöste Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak gefällt, die Flüssigkeit eingetrocknet, der Rückstand geglüht, die nun kohlensauren Alkalien (Kali und Natron) werden gewogen, aufgelöst, das **Kali** durch Weinsteinsäure gefällt, aus der Menge des Niederschlags die des kohlensauren Kali berechnet und letztere von dem Gesammtgewichte der geglühten Masse abgezogen, so bleibt die Menge des **kohlensauren Natrons** als Rest, oder man fällt letzteres mit neutralem antimonsauren Kali.

Die zum Ausziehen der essigsauren Salze mit Weingeist behandelte Masse wird, um die **Nitrate** in Carbonate zu verwandeln, mit etwas Kienrus[1]) gemengt, zum dunkeln Rothglühen, aber nicht stärker erhitzt,

1) Etwaiger Überschuß kann zuletzt wieder durch Erhitzen mit salpetersaurem Ammoniak entfernt werden, wie oben (S. 583) angegeben wurde.

damit nicht auch die Sulphate zersetzt werden, dann werden die Carbonate wieder mit Essigsäure neutralisirt, und weiter wie oben behandelt und geschieden.

Aus dem Rückstande, welcher jetzt nur noch die Sulphate und Phosphate enthält, wird mit essigsaurer Kupferoxydauflösung die **Phosphorsäure** gefällt, filtrirt und aus dem Gewichte des phosphorsauren Kupferoxyds die Quantität der Phosphorsäure berechnet, hierauf das Filtrat durch Schwefelwasserstoffgas von überschüssig zugesetztem Kupfer befreit, filtrirt, durch Kochen von überschüssigem Schwefelwasserstoffgas befreit, filtrirt und dann nicht ganz zur Trockne eingedampft, mit Weingeist die essigsauren Salze ausgezogen, filtrirt, der Weingeist abdestillirt und dann mit den essigsauren Salzen weiter wie oben verfahren.

Die beim Filtriren des weingeistigen Auszugs zurückbleibenden **Sulphate** von **Kali**, **Natron**, **Ammoniak** und **Kalk** werden, wie oben angegeben, geschieden.

Auszug mit sehr verdünnter Salpetersäure.

Die mit Äther, absolutem und wässerigem Weingeist, so wie mit Wasser ausgezogene Erde wird nun mit einem Gemisch von 1 Theil Salpetersäure und 100 Th. Wasser übergossen, und bei gewöhnlicher Temperatur einige Zeit stehen lassen. Wenn sich kein Aufbrausen mehr zeigt, obgleich die Flüssigkeit Lackmuspapier stark röthet, so wird letztere abgegossen. Diese verdünnte Säure entzieht der Erde nur die kohlensaure Kalk- und Talkerde, möglicher Weise jedoch auch zum Theil phosphorsaure Kalk-, Talk- und Thonerde, wenigstens werden dieselben im frisch gefällten Zustande von der Salpetersäure bei diesem Grade der Verdünnung aufgelöst, während die Phosphate des Eisenoxyds und -Oxyduls einer minder verdünnten Säure zu ihrer Auflösung bedürfen [1]).

Man wiegt einen Theil der Flüssigkeit ab, um diesen mit salpetersaurem Silber, oder einem Magnesiasalz nach dem Neutralisiren mit Ammoniak auf **Phosphorsäure** zu prüfen. Ist letztere vorhanden, so trocknet man die übrige Auflösung ein und löst den Rückstand in Weingeist, welcher die ursprünglich kohlensaure, nun salpetersaure Kalk- und Talkerde auszieht, so bleiben die phosphorsauren Salze zurück, die man dann abfiltrirt, trocknet und wiegt, mit Essigsäure die **phosphorsaure Kalk-** und **Talkerde** auszieht, aus diesem Auszug die erstere durch oxalsaures Ammoniak, letztere durch Ammoniak als phosphorsaure Ammoniaktalkerde fällt; der Rückstand ist **Thonerdephosphat**.

---

1) Essigsäure löst blos die Phosphate von Kalk- (krystallisirte und ebenso auch geglühte phosphorsaure Kalkerde, wie die der Knochenasche, wird nach Mitscherlich und nach Du Menil selbst bei 80° (C.?) getrocknete nicht davon gelöst) und Talkerde (vgl. S. 246) unter Zurücklassung der Phosphate des Eisenoxyds und -Oxyduls. In einer essigsaures Eisenoxyd enthaltenden Flüssigkeit löst sich nach Mitscherlich das phosphorsaure Eisenoxyd, kann aber durch Zersetzung der essigsauren Verbindung mittelst Phosphorsäure oder einer andern Säure wieder gefällt werden.

Auszug mit concentrirter Salzsäure.

Die mit Äther, absolutem und wässerigem Weingeist, mit Wasser und verdünnter Salpetersäure behandelte Erde wird nach dem Auswaschen und Trocknen gewogen und mit concentrirter Salzsäure gekocht. Die Salzsäure zieht aus das freie Eisenoxyd und das kohlensaure Eisenoxydul, das Manganoxyd, die von der verdünnten Salpetersäure nicht ausgezogenen Phosphate von Kalk, Talk, Thonerde, Eisenoxyd- und Manganoxydul, so wie das Thonerdesilicat. Die Flüssigkeit wird sammt dem ungelösten Rückstande zur Trockne abgedampft, um in Auflösung gegangene Kieselerde unlöslich zu machen, und dann durch mit Salzsäure angesäuertes Wasser ausgezogen.

Die Hälfte der Flüssigkeit wird durch überschüssiges Kali gefällt, wobei blos die Thonerde gelöst bleibt, filtrirt, ausgewaschen, der Rückstand wieder in Säure aufgelöst, und durch Kaliumeisencyanid das **Eisenoxydul** gefällt und bestimmt, wobei das **Eisenoxyd** gelöst bleibt. **Mangan** kann im freien Zustande nur als Oxyd im Boden vorkommen und demnach hier als Chlorid, welches in so verdünnter Lösung und bei einigem Überschuß des Fällungsmittels nicht gefällt wird [1]).

Die andere Hälfte der Flüssigkeit wird nach dem Aufkochen mit Salpetersäure, um etwa vorhandenes **Eisenoxydul** in Oxyd zu verwandeln, durch Ammoniak gefällt, durch Ätzkali die **phosphorsaure** und **freie Thonerde** wieder aufgelöst und filtrirt. Die Phosphorsäure von der Thonerde abzuscheiden, ist etwas schwierig. Nach Otto soll man diesen Zweck indessen leicht erreichen, wenn man die Lösung mit einer hinreichenden Menge Weinsäure versetzt, kaustisches Ammoniak und dann eine Lösung von Chlormagnesium so lange zusetzt, als noch phosphorsaure Ammoniaktalkerde niederfällt. Man filtrirt hierauf, fällt die überschüssig zugesetzte Talkerde durch Ätzkali, filtrirt wieder, sättigt das Kali mit Schwefelsäure oder Salzsäure, und fällt dann die freie Thonerde mit kohlensaurem Kali.

Der oben erwähnte, durch Ammoniak erhaltene Niederschlag, aus dem die Thonerde durch Ätzkali ausgezogen wurde, wird mit Essigsäure ausgezogen. Diese essigsaure Auflösung enthält Eisenoxyd, Manganoxydul-, Kalkerde- und Magnesiaphosphat, während Eisenoxydphosphat und etwaiges Manganoxyd ungelöst bleiben. Man trocknet und wiegt den Rückstand, und zieht daraus durch essigsaures Eisenoxyd das **Eisenoxydphosphat** aus (vgl. S. 586 Anm.), so bleibt das **Manganoxyd** für sich zurück.

Aus der essigsauren Auflösung wird nun die **Kalkerde** durch oxalsaures Ammoniak gefällt. Die Flüssigkeit, welche jetzt nur noch Eisenoxyd, Manganoxyd und Magnesia enthält, wird mit Essigsäure angesäuert,

1) Nach Wackenroder wird Eisenoxyd durch Kochen mit einer hinreichenden Menge essigsaurem Natron aus seinen Auflösungen vollkommen gefällt, während gleichzeitig vorhandene Eisenoxydul- und Manganoxydulsalze, so wie die Salze der alkalischen Erden gelöst bleiben. Jedoch darf keine Thonerde vorhanden sein, weil diese ebenfalls theilweise abgeschieden wird. Auch Phosphorsäure wird mitgefällt. Pharm. Centralbl. 1838. S. 674.

das Eisen und Mangan durch phosphorsaures Ammoniak gefällt, diese, wie oben angegeben, geschieden und filtrirt. Der Niederschlag wird mit Schwefelkalium oder Schwefelwasserstoffschwefelammonium behandelt, abfiltrirt, ausgewaschen, in Salzsäure gelöst, die Lösung mit Chlorammonium versetzt, das **Eisen** durch Ammoniak gefällt, das **Manganoxydul** wird durch Chlorkalkauflösung als Oxyd gefällt und daraus das Oxydul berechnet. Aus der essigsauren Auflösung wird durch Neutralisiren mit Ammoniak die **Magnesia** als phosphorsaure Ammoniakmagnesia abgeschieden.

Auszug mit kohlensaurem Natron.

Der beim Ausziehen der Erde mit Salzsäure gebliebene Rückstand wird mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron gekocht, wodurch die **Kieselerde**, welche an die Thonerde gebunden war, aufgelöst wird. Man übersättigt die Auflösung mit Salzsäure, trocknet, wäscht mit Wasser aus, trocknet wieder und wiegt. Was beim Ausziehen mit kohlensaurem Natron zurückbleibt, ist im Allgemeinen **Quarzsand**. Hätte man noch andere Silicate, wie Feldspath, Granit 2c. zu vermuthen, so müßten diese durch Schmelzen mit Soda oder kohlensaurem Kali zersetzt werden.

Bestimmung einzelner Bestandtheile eines Bodens.

Will man blos *einen* oder den anderen Bestandtheil der Erde bestimmen, so wird man ihn durch das entsprechende Lösungsmittel ausziehen, und dann die Säure oder Basis fällen, oder, wo es nöthig ist, beide; jede für sich in einem gesonderten Theile des Auszugs, oder wo es angeht, nach einander in derselben Flüssigkeit.

Bestimmung der Kohlensäure in den Bestandtheilen des Bodens.

Um die Quantität der **Kohlensäure** zu bestimmen, rührt man eine abgewogene Menge Erde mit Wasser zur dünnflüssigen Masse an, bringt das Gefäß nebst einem anderen Gefäße mit etwa der 3fachen Menge (von der Erde) concentrirter Salzsäure auf einer empfindlichen Wage mit auf die andere Schale gelegten Gewichten ins Gleichgewicht, und setzt so lange von der Salzsäure allmälig unter Umrühren der Erde zu, als diese noch braust. Der entstehende Gewichtsverlust ist das Gewicht der Kohlensäure. Das Eintragen der Säure muß langsam und in einem geräumigen Gefäße geschehen, um Verlust von Flüssigkeit durch Spritzen zu verhüten. Um ein sehr genaues Resultat zu erhalten, verfährt man wie bei der Prüfung der Pottasche nach Fresenius und Will (s. unten).

Bestimmung der Salpetersäure.

Um die Menge der **Salpetersäure** zu bestimmen, fällt man aus dem wässerigen Auszuge einer gewogenen Erdmenge die Humussäure und andere organischen Stoffe, weil diese auf freie Salpetersäure zersetzend einwirken, durch Alaunauflösung und kohlensaures Kali, filtrirt, setzt Salzsäure zu und kocht die Flüssigkeit mehrere Stunden mit Blattgold, filtrirt und wäscht das ungelöste Gold ab, fällt das gelöste Gold mittelst schwefelsaurem Eisenoxydul, wäscht mit kochender Salzsäure und darauf mit Wasser. Ein Doppelatom aufgelöstes Gold entspricht einem Atom Salpetersäure. Oder man setzt der Flüssigkeit nebst Salzsäure eine gewogene Menge Quecksilberchlorür zu und kocht so lange, als die Dämpfe noch nach Stickoxydgas riechen. Das ungelöste Chlorür, wovon sich ein Theil auf Kosten der Salpetersäure in Chlorid verwandelt und sich aufgelöst hat, wird

gewaschen, scharf getrocknet und gewogen. 3 Atomen aufgelösten Chlorürs entspricht 1 Atom zersetzter Salpetersäure.

Bestimmung der Salzsäure

Zur Bestimmung der **Salzsäure** dampft man den mit wässerigem Weingeist erhaltenen Auszug zur Trockne ab, erhitzt zum dunklen Rothglühen mit etwas salpetersaurem Ammoniak, um die organischen Substanzen zu verbrennen, übersättigt mit Salpetersäure, um die gleichzeitige Fällung der Phosphorsäure zu hindern, und fällt mit salpetersaurer Silberoxydauflösung.

der Phosphorsäure,

Zur Bestimmung der **Phosphorsäure** verfährt man ebenso, nur muß bei der Fällung mit salpetersaurem Silberoxyd die Flüssigkeit neutral sein. Aus dem abfiltrirten Niederschlag zieht man das phosphorsaure Silber durch Salpetersäure aus, filtrirt und fällt letzteres wieder durch Ammoniak.

der Schwefelsäure.

Um die **Schwefelsäure** zu bestimmen, fällt man mit Barytsalzlösung und zieht aus dem Niederschlag den phosphorsauren Baryt durch Salpetersäure aus.

Die Bestimmung der Humussäure, Kieselsäure und der verschiedenen Basen ergibt sich hinlänglich aus dem Vorhergehenden.

Man kann auch bei der vollständigen Analyse des Bodens so verfahren, daß man alle Säuren und Basen einzeln für sich bestimmt und dann beide nach den Gesetzen der Verwandtschaft zu Salzen gruppirt. Man theilt daher z. B. die Schwefelsäure dem Kalk zu, und wenn davon mehr vorhanden, als zu dessen Sättigung nöthig ist, dem Kali, dann dem Natron, das Chlor zuerst dem Kalium, dann dem Natrium, Calcium, Magnesium und Aluminium, die Salpetersäure gewöhnlich dem Kali, Ammoniak oder Kalk, die Humus- und Phosphorsäure den Basen, welche die angeführten Säuren übrig lassen, der Kalk- und Thonerde, dem Eisen- und Manganoxyd 2c. Man kürzt dadurch das ganze Verfahren bedeutend ab, allein man erhält dabei nur ein wahrscheinliches Resultat, und beschränkt sich dann auch gewöhnlich darauf, in der Angabe des Resultats Säuren und Basen einzeln für sich aufzuführen.

Beispiele von Analysen verschiedener Bodenarten liefert folgende Tabelle. Sie sind, mit Ausnahme zweier (von Scherer und Reuter), der des Nil- und Marneschlammes von Lassaigne und zweier anderen Schlammarten von Piddington, sämmtlich von Sprengel.

Analysen versch[illegible]

100 Theile:	Kieselerde u. Sand	Thonerde	Eisen-Oxyd u. Oxydul	Mangan-Oxyde	Kalkerde	[illegible]
Unfruchtbarer strenger Thonboden bei Braunschweig	80,140	11,000	6,180	Spuren	kohlens. 0,200	[illegible]
Fruchtbarer Flußmarschboden bei Hoya	71,849	9,350	5,410	0,925	0,987	[illegible]
Nilschlamm, nach Lassaigne	42,50	24,25 eisenhalt. Thon	13,65	1,05	kohlens. 3,85	[illegible]
Marneschlamm, nach Lassaigne	33,3	23,38			kohlens. 37,96	[illegible]
Schlamm von Barnsbariah in Ostindien, nach Piddington	78,000	3,250	6,000		kohlens. 6,125	
Schlamm von Mohatpur in Ostindien, nach Piddington	69,500	7,375	6,000		8,250	
Unfruchtbarer Lehmboden von Wandhausen bei Braunschweig	90,085	1,976	4,700 Oxyd und 1,115 Oxydul	0,240	0,022	[illegible]
Fruchtbarer, humusreicher Lehmboden bei Göttingen	83,298	4,128	2,968	0,280	1,824	[illegible]
Fruchtbarer sandiger Lehmboden bei Braunschweig, mit Gyps gedüngt	94,274	1,560	2,496	0,240	0,400	[illegible]
Untergrund desselben, bis zur Tiefe von 1½ Fuß	95,146	1,416	2,528	0,320	0,297	[illegible]
Mergeliger Boden bei Schöningen	93,870	1,248	1,418	0,360	0,546	[illegible]
Fruchtbarer Mergelboden vom südlichen Harzrande bei Walkenried	59,592				kohlens. 37,720	[illegible]
Kalkboden vom Steinberge bei Würzburg, untersucht von Scherer	58,436	7,152	4,768		kohlens. 27,430	[illegible]
Kalkboden vom Pfülben bei Würzburg, untersucht von Reiter	58,657	5,700	6,352 phosphorsaures		kohlens. 27,342	[illegible]
Unfruchtbarer Sandboden bei Braunschweig	94,502	1,985	1,827	Spuren	Spuren	[illegible]
Fruchtbarer humusreicher Sandboden bei Braunschweig	91,444	0,065	1,200	0,520	0,202	[illegible]
Lehmiger Sandboden bei Braunschweig	95,698	0,504	2,496	Spuren	0,038	[illegible]
Untergrund desselben bis zur Tiefe von 2 Fuß	96,880	0,890	1,496	Spuren	0,019	[illegible]
Unfruchtbarer Moorboden bei Aurich in Ostfriesland	70,576	1,060	0,258	Spuren	Spuren	[illegible]
Lehmiger Untergrund desselben, 3 Fuß tief, geröstet zur Verbesserung der Aecker verwendbar	95,190	2,520	1,460	0,048	0,336	[illegible]
Sogenannte Schollerde des Hochmoorlandes bei Giffhorn, entstanden aus verwestem Haidekraut	Sand und Thon 77,400					
100 Theile Schollerde geben 8 Asche, 100 Asche enthalten	63,000	13,700	1,800	Spuren	0,300	[illegible]
Haideboden bei Braunschweig	71,504	0,780	0,420	0,[illegible]20	0,134	[illegible]
Uncultiwirter Haideboden bei Braunschweig	51,337	0,528	0,398	0,005	0,230	[illegible]
100 Theile dieses Bodens geben 50 Asche; 100 dieser Asche enthalten	95,204	1,640	1,344	0,080	0,544	[illegible]

...ner Bodenarten.

...ali	Natron	Phosphorsäure, meist an Eisen gebunden	Schwefelsäure im Gyps	Chlor in Kochsalz	Kohlensäure	Humussäure	Unverweste Pflanzen- u. Thierstoffe	Stickstoffhaltige Körper	Wachsharz	Wasser
...uren	Spuren	Spuren	Gyps 1,600	Spuren						
0,007		0,131	1,174	0,002		1,270	7,500	2,000		0,100
						2,80				10,70
						Ulminsäure 0,5	0,33			4,2
0,125							2,375			1,000
0,250		phosphorsaure Kalkerde 0,500					2,250			1,000
0,300		0,098	1,399	Spuren						
0,033	0,001	0,166	0,069	0,002	0,440	0,789	3,250	0,960	Spuren	
0,102			0,039	0,005		0,444	0,210			
0,060			0,012	Spuren						
0,050	0,040	0,246	0,027		1,145	0,400	0,090			
			Gyps 0,078	Kochsalz 0,090		1,400				
0,403	0,126	Spuren	0,323	0,016						
			0,455							
0,076	0,008	f. Eisen	Spuren	0,012		1,230	2,500			
0,039	0,030	0,099	0,182	0,016		3,500				
0,090		0,164	0,007	0,010		0,626	0,220			
0,079		0,110	Spuren	Spuren		0,266				
...uren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren		11,910	Humus u. Wachsharz 16,200			
0,071	0,180	0,034	0,020	0,015						
						15,000			7,600	
...uren	f. Chlor	0,500	Gyps 20,300	Kochsalz 0,200						
0,068		0,115	0,018	0,014		9,820	14,975		1,910	
0,010		0,066	0,022	0,014		13,210	32,100		2,040	
0,052		0,330	0,322	0,019						

Vgl. auch die folgende Seite.

Mulder theilt in seinem „Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie" folgende Analysen dreier Arten eines thonigen Bodens aus dem Zuidersee in Holland von C. H. von Baumhauer mit.

	1.	2.	3.
Unlösliche kieselerdehaltige Thonerde und Quarzsand . . .	57,646	51,706	55,372
Lösliche Kieselerde	2,340	2,496	2,286
Thonerde	1,830	2,900	2,888
Eisenoxyd	9,029	10,305	11,864
Eisenoxydul	0,350	0,563	0,200
Manganoxydul	0,288	0,354	0,284
Kalk	4,092	5,096	2,480
Magnesia	0,130	0,140	0,128
Kali	1,026	1,430	1,521
Natron	1,972	2,069	1,937
Ammoniak	0,060	0,078	0,075
Phosphorsäure	0,466	0,324	0,478
Schwefelsäure	0,896	1,104	0,576
Kohlensäure	6,085	6,940	4,775
Chlor	1,240	1,382	1,418
Humussäure	2,798	3,991	3,428
Quellsäure	0,771	0,731	0,037
Quellsatzsäure	0,107	0,160	0,152
Humin, Pflanzenüberreste und chemisch gebundenes Wasser . .	8,324	7,700	9,348
Wachs und Harz	Spuren	Spuren	Spuren
Verlust	0,540	0,611	0,753
	100,000	100,000	100,000

Beurtheilung des Bodens nach äußeren Kennzeichen.

Die Zusammensetzung des Bodens läßt sich auch schon aus gewissen äußeren Kennzeichen einigermaßen beurtheilen. So erkennt man den **Thongehalt** eines Bodens an seiner bedeutenden Cohäsion, Zähigkeit, an dem fettigen Anfühlen desselben, Anhängen an die Zunge, an dem gierigen Einsaugen großer Wassermengen unter Entwickelung des eigenthümlichen Thongeruchs; durch sehr langsame Zertheilung in Wasser und dadurch entstehende Knetbarkeit desselben, an der grauen, bei bedeutenderem Eisengehalt gelben Farbe, an dem langsamen Austrocknen, und dadurch im Boden entstehenden Rissen und Sprüngen.

Den **Lehmboden** erkennt man an dem geringeren Zusammenhang, am rauheren Anfühlen, an der leichteren Zertheilung und Zerfallen im Wasser, an der geringeren Knetbarkeit und der meist mehr röthlichen Färbung.

Den **Mergel** erkennt man an der völligen Unknetbarkeit, dem raschen Zerfallen im Wasser, an der mehr grauen bis grauweißen Farbe, am Aufbrausen mit Säuren.

Den **Kalk** erkennt man ebenfalls an dem heftigen Aufbrausen mit Säuren, an seiner Lockerheit und helleren weißlichen bis grauweißen

Färbung, die jedoch bisweilen durch Eisengehalt ins Rothe, durch bituminöse Stoffe ins Dunkelgraue übergeht, durch Mangel an Knetbarkeit und rauhes, aber feinkörniges Anfühlen.

Der **Sand** gibt sich zu erkennen durch den geringsten Zusammenhang, durch Knirschen zwischen den Zähnen, hartes, körniges Anfühlen, augenblickliches Zerfallen und schnelles Niedersinken im Wasser, durch helle, glasige, gelblichweiße, bei Eisengehalt rothe, durch Kalküberzug weiße, und bei Verbindung mit Humus schwarze Farbe. Die Art desselben, als Quarz-, Feldspath-, Glimmer-, Kalksand oder einem Gemenge derselben ergibt die Untersuchung mit der Lupe.

Den **Humus** erkennt man an der Lockerheit und Leichtigkeit des Bodens, an seinem Geruch wie frische Gartenerde, am raschen Zerfallen im Wasser, welches durch schwimmende Humustheile lange dunkel gefärbt bleibt, an seinem Schäumen beim Regen, an der schwarzen Farbe, die durchs Glühen verschwindet.

Den **Eisengehalt** des Bodens erkennt man durch schwächere oder stärkere gelbrothe Färbung.

Erkennung der Hauptbestandtheile des Bodens durch Schlemmen.

Leichter gelingt die Erkennung der Hauptbestandtheile des Bodens und ihres ungefähren Mengungsverhältnisses durch das **Probeschlemmen.** Man rührt die Erde mit etwa zwei Raumtheilen Wasser in einem Cylinderglase an, läßt sie dann 24 Stunden stehen, bis sie vollständig zerfallen ist, rührt dann abermals um und läßt ruhig absetzen. Man findet am Boden des Gefäßes zuerst die gröberen, dann die feineren Sandkörner, hierauf die gröberen Thon- und Kalktheile, und endlich die feineren Thon- und Humustheile, und kann aus der Mächtigkeit jeder Schicht ein für die meisten Fälle ausreichendes Urtheil über die Natur und das Verhältniß der Bodenbestandtheile fällen.

Erkennung der Bodenbeschaffenheit aus der Vegetation.

Auch aus dem ausschließlichen oder vorzugsweisen Vorkommen gewisser Pflanzen läßt sich auf die Beschaffenheit eines Bodens schließen. So findet man:

Auf strengem **Thonboden:** Betonica officinalis, Potentilla reptans, Lathyrus tuberosus, Serratula arvensis, Bromus giganteus.

Auf lockerem, mäßig feuchtem **Lehmboden:** Aquilegia vulgaris, Campanula urticifolia, Convallaria majalis, Geranium phaeum, bei größerer Humusmenge: Oxalis acetosella, Asperula odorata, Pyrola und Anemone.

Auf trockenem **Lehmboden:** Arctium Lappa, Chenopodium polyspermum, Lactuca scariola, Saxifraga granulata, Senecio viscosus, Avena tenuis, Bromus sterilis.

Auf unfruchtbarem sandigen **Lehmboden:** Spartium, Calunna, Genista, Ononis, Malva sylvestris.

Auf geschütztem **Sandboden** mit wenig Humus: Vaccinium, Arbutus, Fragaria, Veronica, Viola, Herniaria, bei steter Feuchtigkeit Farrenkräuter.

Auf trockenem mageren Sandboden: Elymus arenarius, Arundo arenaria, Carex arenaria, Dianthus arenarius, Verbascum, Festuca bromoides, ovina und glauca, Aira canescens und praecox.

Auf Kalkboden: Adonis vernalis und aestivalis, Rubus caesius, Bromus montanus, Carlina acaulis, Gentiana lutea und ciliata, Hippocrepis comosa, Hedysarum Onobrychis, Melica ciliata, Nigella arvensis, Polygala amarella, Poterium sanguisorba, Medicago falcata und minima, Thlaspi montanum und perfoliatum, Trifolium rubens und montanum, Teucrium montanum und Chamaedrys, Digitalis purpurea, Caucalis grandiflora und latifolia, Bupleurum falcatum und rotundifolium, Centaurea solstitialis, Pyrus Amelanchier, Lithospermum purpureo-coeruleum, Stachys annua, Turritis hirsuta, Tussilago farfara, Hypericum montanum, Prunella vulgaris.

Auf Mergelboden: Dipsacus sylvestris, Sherardia arvensis, Asclepias vincetoxicum, Laserpitium latifolium, Rubus caesius, Alyssum calycinum, Thalictrum minus, Medicago-Arten, Hypochaeris glabra, Tussilago farfara, Lotus- und Trifolium-Arten, Salvia pratensis und verticillata, Plantago-Arten, Carduus-Arten, Carlina vulgaris, Stachys-Arten, Reseda luteola, Euphorbia-, Athamanta- und Campanula-Arten, Cucubalus Behen, Silene nutans, Galiura- und Prunella-Arten, Arctium Lappa, Leontodon Taraxacum, Apargia-Arten, Lolium perenne, Phleum pratense, Alopecurus agrestis, Poa-Arten ꝛc.

Auf Gypsboden: Gypsophila, Gymnostomum curvirostrum, Urceolaria gypsacea, Vicia tenuifolia, Astragalus cicer.

Auf Salzboden: Salicornia herbacea, Chenopodium maritimum, Plantago maritima, Arenaria marina, Glaux maritima.

Auf Bruchboden: Orchis, Parnassia, Hydrocotyle, Eriophorum, Juncus und Scirpus.

Auf Torfboden: Erica tetralix, Andromeda polifolia, Myrica gale, Ledum palustre, Drosera rotundifolia und intermedia, Empetrum nigrum, Betula pubescens, Vaccinium uliginosum und oxycoccos, Eriophorum latifolium, angustifolium und vaginatum, Holcus mollis.

Über Beurtheilung der Bodengüte im Allgemeinen nach dem darauf befindlichen Holzwuchse vgl. Hartig's Luft-, Boden- und Pflanzenkunde in ihrer Anwendung auf Forstwirthschaft, als 1. Band von dessen Lehrb. für Förster. 8. Aufl. 1840. S. 95—101.

Einwirkung der Kunst auf die chemischen Verhältnisse der Waldvegetation.

Die Cultur der Gewächse überhaupt, oder die künstliche Beförderung des Vegetationsprozesses hat zur Aufgabe, den Pflanzen die größtmögliche Menge von Nahrung zuzuführen, also einerseits für jede Pflanze immer die Bodenart auszuwählen, welche die günstigsten Verhältnisse für ihre Ernährung darbietet, andererseits dem Boden die fehlenden Bestandtheile mit Hilfe der Kunst zu ersetzen, d. h. dem Boden die nöthigen Nahrungsstoffe

zuzuführen, oder die Bestandtheile desselben durch geeignete Behandlung in Nahrungsstoffe zu verwandeln.

Die dem Boden künstlich beigemengten Nahrungsstoffe heißen **Dünger**. Da man indessen nicht genau weiß, inwiefern der Dünger für sich, oder erst in Verbindung mit den Bestandtheilen des Bodens sich zur Pflanzennahrung gestaltet, so versteht man unter Dünger im Allgemeinen alle künstlichen Zusätze des Bodens, sie mögen für sich, oder erst in Verbindung mit den Bestandtheilen des Bodens von den Pflanzen aufgenommen werden, oder die chemische oder physikalische Beschaffenheit des Bodens zu Gunsten der Vegetation umändern, ohne selbst in den Pflanzenorganismus überzugehen, wie die von der Pflanze nicht assimilirbare Kohle, inwiefern sie die Porosität und Erwärmungsfähigkeit des Bodens bezweckt. Solche physikalisch wirkende Zusätze sowohl, als die rein chemisch wirkenden wandeln verschiedene Bestandtheile des Bodens in Nahrungsstoffe um, welche zuvor von den Pflanzen nicht assimilirt werden konnten. So werden gewisse Bodenarten erst durch Erhöhung ihrer Porosität in dem Maße zur Gasabsorption geeignet, daß sich organische und anorganische Bestandtheile derselben durch die Einwirkung dieser Gase in der erforderlichen Menge in Nahrungsstoffe umgestalten. So wird der sauere, nicht assimilationsfähige Humus durch alkalische Substanzen in assimilirbare humussaure Salze verwandelt rc.

Von nicht geringerem Einflusse auf die Entwickelung der im Boden vorhandenen Pflanzennahrung ist auch die mechanische Bearbeitung desselben. Sie befähigt den Boden durch Auflockerung zur Aufnahme derjenigen Gasarten, welche theils als solche den Pflanzen als Nahrung dienen, theils durch Verbindung mit den Bestandtheilen des Bodens dieselben assimilationsfähig machen, und reinigt ferner den Boden von festen Körpern, welche der Ausbreitung der Wurzeln im Wege stehen.

Die Anwendung dieser Mittel zur Verbesserung des Bodens, welche in der Gärtnerei und Landwirthschaft in beträchtlicher Ausdehnung gestattet ist, findet in der Forstwirthschaft eine große Beschränkung. Der Boden kann hier weder mechanisch bearbeitet werden, noch eine Düngung mit organischen oder anorganischen Stoffen erhalten.

Bodendecke.

Beides muß dem Walde die **Bodendecke** ersetzen, d. h. die von Jahr zu Jahr sich anhäufende Schichte organischer Überreste, welche die **Waldstreu** bildet.

Zweck der Bodendecke.

Die Bodendecke hat für die Waldvegetation eine dreifache Bestimmung. Sie dient zur Erhaltung der Feuchtigkeit, zum Schutze flachliegender Nährwurzeln, und als eine Vorrathskammer, aus welcher dem Boden ein Theil der Nahrungsstoffe, die er zur Unterhaltung der Vegetation geliefert hat, zurückerstattet werden muß, wenn er nicht verarmen soll.

Der Ackerboden hat einer solchen Decke nicht nöthig. Ist er ein zäher, bindiger Thon- oder Lehmboden, so wird er durch die künstliche Auflockerung dem Wasser der atmosphärischen Niederschläge zugänglich, er nimmt mehr und nimmt es tiefer in sich auf, und bewahrt es daher auch

länger. Ist der Ackerboden sandig, so wird er durch Pflug und Egge mit seinen organischen Bestandtheilen tief genug gemengt, um ihm eine hinlänglich wasserhaltende Kraft zu sichern. Andererseits bilden die Ackergewächse selbst in kurzer Zeit eine Bodendecke, die Forstpflanzen dagegen brauchen Jahre dazu. Während dieser Zeit gebricht es dem Boden bei der geringen Beschattung nicht nur an Feuchtigkeit, sondern er erleidet auch Verluste an Nahrungsstoffen.

Bestandtheile derselben.

Die Decke des Forstbodens besteht gewöhnlich entweder aus abgestorbenen Pflanzen und Pflanzentheilen: Laub, Nadeln, Flechten rc., oder aus lebenden Pflanzen: Haide, Heidel- und Preußelbeergesträuch, Moosen, Gräsern, Kräutern, Stauden, Sträuchern rc.

Sie erhält den Boden feucht.

Lebende Pflanzen bedürfen zwar für sich selbst eine gewisse Menge Feuchtigkeit, dennoch erhalten sie den von ihnen bedeckten Boden feuchter, als wenn er dem ungehinderten Einflusse des Lichts und der Luft preisgegeben wäre, sie erhalten demnach dem Boden mehr Feuchtigkeit, als sie selbst verzehren.

Besonders geeignet sind hierzu die Moose, da sie ihren Bedarf an Feuchtigkeit größtentheils der Atmosphäre entnehmen. Daher steht ihre Vegetation im trockenen Sommer still, wo sie dem Boden zwar keine Feuchtigkeit, aber doch Schatten geben können. In der nebeligen, regnerischen Jahreszeit des Frühlings und Herbstes, wo sich ihr Wachsthum belebt, wenden sie ihren Überfluß dem Boden zu, so daß auch er sich versorgen kann. In Ermangelung der Moose sind übrigens auch andere Pflanzen noch immer eine Wohlthat für einen nahrungslosen, trockenen Boden. Statt daß sie den Boden ausmagern, geben sie demselben, wenn sie absterben, nicht blos das zurück, was sie ihm genommen, sondern auch Alles, was sie aus der Luft assimilirt hatten.

Schädlich kann eine Bodendecke nur sein, wenn sie so dicht ist, daß sie das Wasser vorübergehender Regengüsse gar nicht mehr zum Boden gelangen läßt, wenn es in der Decke hängen bleibt und verdunstet, ohne daß den Wurzeln der Bäume etwas davon zu Gute gekommen ist.

schützt die Nährwurzeln gegen Frost und Kälte

Eine andere Bestimmung der Bodendecke ist, die flachstreichenden Nährwurzeln gegen Frost und Hitze zu schützen. Schon oben (S. 460 Anm. 3) ist angegeben worden, daß sich die Wurzel vorzugsweise nach der Richtung ausbreitet, von welcher sie die meiste Nahrung erhält, wie sich aus folgenden Beispielen ergibt, welche Krutzsch in seinem Abriß der Bodenkunde erzählt:

Eine Reihe alter Obstbäume hatte nach keiner Seite hin so lange Wurzeln getrieben, als nach einem entfernten, erst seit einigen Jahren angelegten gutgedüngten Gemüseland, was sie erreicht und vielfältig darin sich verzweigt hatten.

Ein Strauch von Samb. racemosa vegetirte kräftig in dem ausgefaulten Kopfe einer alten Weide, fast fingerdicke Wurzelstränge fanden sich im ganzen hohlen Stamm, gleich gespannten Saiten.

Ein Strauch von Rhododendron pont., der in einem Thonkübel gepflegt, für den Winter in ein frostfreies Behältniß gebracht und für den Sommer in ein Blumenbeet eingegraben wurde, sendete jedesmal zahlreiche Wurzeln über den etwa 2 Zoll hohen Rand hinweg in den umgehenden Boden, wenn der Kübel mit so viel Erde bedeckt wurde, daß sie sich feucht erhalten konnte. Sie stiegen widernatürlich an dem Topfrand in die Höhe und senkten sich hinter demselben wieder in den Boden. Dies wurde nicht einmal, sondern mehrere Jahre hinter einander beobachtet.

Ein Strauch des gemeinen Hollunders, an der einen Ecke eines 20 Ellen langen Stallgebäudes hatte einen einzigen Wurzelstrang zwischen der niedrigen Grundmauer und der faul gewordenen Schwelle bis ans andere Ende getrieben, wo eine Düngergrube sich befand, worin er sich versenkte und zu einem wahren Wurzelbesen sich verzweigt hatte.

Wo also den Wurzeln nicht Luft und Nahrung entgegenkommt, da mögen sie nicht eindringen. Nun ist aber ein thoniger oder lehmiger Forstboden in der Regel nur bis zu geringer Tiefe etwas mit organischen Theilen gemengt, Sandboden hat oft nur eine dünne Schale von organischen Rückständen, und tiefer gehen dann auch die Nährwurzeln der Bäume nicht. Wird diesen hochliegenden Wurzeln die Decke von Laub oder Moos entzogen, so muß es nothwendig ein Zurückbleiben des Wachsthums, oder in trockenen Sommern oder kalten, schneearmen Wintern Erkrankung zur Folge haben, wenn dieser Schutz entfernt wird.

Die Decke aus jungen Schlägen entfernen, um die Wurzeln zu nöthigen, in die Tiefe zu gehen, würde nur da von Erfolg sein, wo der Boden tiefgründig wäre, dann aber unnöthig, weil es die Wurzeln von selbst thun würden.

und gibt ihm die anorganischen Nahrungsstoffe zurück.

Eine noch größere Wichtigkeit erhält aber die Bedeckung des Forstbodens als Vorrathskammer von Nahrungsstoffen, aus welcher der jährlichen Vegetation Zuschüsse gemacht werden müssen, wenn der Boden nicht verarmen soll, und ist der **Dünger des Waldbodens**.

Die Forstbenutzung überläßt dem Boden von den abgestorbenen Resten der Holzgewächse nur die Wurzeln und das jährlich abfallende Laub, oder die Waldstreu.

Den größten Werth als Düngmittel haben diejenigen dieser Überreste, welche den Waldgewächsen solche Nahrungsstoffe liefern, welche dieselben auf andere Weise nur schwierig erhalten würden. Was die Pflanzen aus der Luft assimiliren, wird ihnen durch die fortwährende Erneuerung dieses Mediums stets in hinreichender Menge geboten, sie empfangen daraus den größten Theil ihrer organischen Bestandtheile, und nehmen sie auch einen nicht unbedeutenden Antheil derselben aus dem Boden auf, so scheint ihnen doch die Luft gewissermaßen das ersetzen zu können, was dem Boden an organischen Bestandtheilen abgeht. Ist auch ihr Wachsthum hierbei weniger üppig, so wird es sich doch in dem Maße vervollkommnen, als dem Boden diese fehlenden Stoffe von der Pflanze selbst durch ihre abgestorbenen Theile zugeführt werden.

Anders verhält es sich mit den anorganischen Nahrungsstoffen. Sie haben ihren Ursprung ausschließlich im Boden und werden darin nur äußerst langsam erzeugt. Soll daher der Boden nicht ausmagern, oder für die Vegetation völlig untauglich werden, so müssen ihm diese mineralischen Stoffe wieder in dem Verhältnisse zurückgegeben werden, daß die Bodenbenutzung in einer gewissen Zeit nicht mehr davon entzieht, als der Boden wieder erzeugen kann.

Da nun, wie wir oben gesehen haben, die holzigen Theile der Pflanzen weit weniger von diesen anorganischen Stoffen enthalten, weniger Asche liefern, als die grünen und krautartigen (etwa 1 und letztere 5 Procent), und außerdem der Hauptzweck der Forstbenutzung auch nur die ersteren betrifft, so überläßt man von ersteren dem Walde mit Recht nur die Wurzeln, und es kann die Rodung des Stockholzes um so weniger für nachtheilig angesehen werden, als die Verwesung des Holzes nur langsam vorschreitet, und bis zu seiner gänzlichen Zersetzung die Vegetation von dem Boden fern hält, welchen es bedeckt. Es entsteht im Inneren der Stöcke beim Ausschluß von Wasser und Luft durch Trockenfäule ein kohliger Humus (Humuskohle), welcher sich erst nach vielen Jahren völlig zersetzt und der Vegetation wieder zugängig wird, während den unter dem Boden liegenden Wurzeln von dem Wasser, welches sie hier durchdringt, auch zugleich die zur Zersetzung nöthige Luft zugeführt wird.

Dasselbe, was von den Stöcken gilt, bezieht sich natürlich auch auf die von den Bäumen abfallenden Äste, welche auf dem Boden liegen bleiben. Sie tragen bei ihrer Zersetzung durch Trockenfäule wenig oder gar nichts zur Verwesung des Humus bei. Die Sammlung des Raff- oder Leseholzes kann deshalb für die forstliche Düngererzeugung so wenig einen Nachtheil herbeiführen, als die Rodung der Stöcke.

Die grünen oder krautartigen Theile der Pflanzen enthalten dagegen vorzugsweise die anorganischen Bestandtheile des Bodens, sie müssen ihm daher größtentheils wieder anheim fallen, wenn er fruchtbar bleiben soll. In der Landwirthschaft geschieht dies durch die Düngung mit Stroh und den Excrementen der Thiere, in der Forstwirthschaft durch die Erhaltung der Waldstreu und durch zweckmäßige Einwirkung auf ihre Umwandlung in Humus.

Pfeil stellt hierfür nachstehende Hauptmomente auf:

1) Wahl der Holzgattung und Mischung der Holzarten.
2) Wahl der Betriebsart.
3) Festsetzung des allgemeinen Umtriebes und des Haubarkeitsalters der einzelnen Bestände.
4) Erhaltung und Erziehung von Unterholz in räumlichen Baumholzbeständen und Pflege der Bodendecke überhaupt.
5) Durchforstung und Erhaltung der schützenden Waldmäntel.
6) Culturverfahren.
7) Erhaltung anderer Gewächse als Holz, insofern sie einen vollkommenen Humus geben.

8) Vertilgung der Gewächse, welche einen unvollkommenen Humus liefern.
9) Beschränkung des Streurechens.

1) Was die **Wahl der Holzgattung** betrifft, so wird diese die Holzbildung um so mehr begünstigen,

a) je dichter die Belaubung, also je mehr Laub sie abwirft und je vollkommener sie den Boden beschirmt, wie besonders die Buche, Linde, Fichte und Tanne, weniger die Hainbuche und Erle, und noch weniger die Eiche; für Blößen Wachholder und Brombeere, weniger die Himbeere;
b) je leichter verwesbar die Blätter sind, wie die von Ahorn und Esche, nicht so die der Espe, noch weniger die der Eiche, und unter allen Laubhölzern am wenigsten die der Birke.

Doch können gewisse Verhältnisse die angeführten Eigenschaften der verschiedenen Holzarten bedeutend abändern, so übertreffen manche in der Jugend andere, denen sie im Alter darin nachstehen, ebenso kann in dieser Beziehung eine Holzart von einer anderen übertroffen werden, wenn ihr der Boden weniger entspricht, als der letzteren.

Nur wenige Holzarten können daher in reinen Beständen gezogen werden, wie auch die Natur dieselben immer so mischt, daß die Bodenverbesserung darunter nicht leidet.

2) Was die **Betriebsart** angeht, so ist der Hochwald der Humuserzeugung am meisten günstig, am wenigsten dagegen der Kopfholzbetrieb in kurzem Umtriebe, weil der geschlossene Baumholzbestand mehr Laub liefert, als der Niederwald, und bei letzterem bei jedem Abtriebe die Humusbildung unterbrochen wird und das Kopfholz den Boden noch weniger schirmt, als der Niederwald. Abhänge, namentlich gegen Süd- und Südwest werden dagegen vom Laubholzhochwald zu wenig gegen das Abfließen des lockeren Bodens geschützt, es verdient hier der dichte Niederwald oder geschlossene Fichtenwald den Vorzug, dessen dichte Belaubung die atmosphärischen Niederschläge zertheilt und mit seiner flachen, gewöhnlich zu Tage gehenden Bewurzelung das Abschwemmen verhindert.

Unter allen Betriebsarten zeigt sich der Hackwald der Humusbildung am verderblichsten, da der lückenhafte Holzbestand den Boden wenig schirmt und düngt, und das Abschälen und Ausbrennen der Bodendecke mit abwechselndem Getreidebau den Boden erschöpft, der Humusgehalt eines Sandbodens aber schon durch Bloßliegen, noch mehr aber durch Auflockerung rasch verzehrt und austrocknet, und daher nur von einem Boden vertragen wird, der äußerst fruchtbar, von Natur reich an mineralischen Nahrungsstoffen ist.

3) Auch die **Festsetzung des allgemeinen Umtriebes** ist von größter Wichtigkeit. Durch jeden Abtrieb wird nicht blos der Blattfall unterbrochen, sondern auch die Laubdecke der letzten Jahre durch Austrocknen und Verwehen vom Winde der Zersetzung entzogen. Je länger daher der Umtrieb ist, desto vortheilhafter ist dies der Humuserzeugung, vorausgesetzt, daß der Bestand noch in vollem Schlusse steht.

Im Allgemeinen wird zur Zeit der größten Holzerzeugung auch das meiste Laub abgeworfen, da die Blätter den größeren Theil der Nahrung zuführen und bereiten. Da aber der Holzzuwachs in einem gewissen Alter jährlich schon wieder abnehmen, und doch dabei immer noch beträchtlicher sein kann, als der Zuwachs bei einem neuen jungen Bestand, oder mit anderen Worten, weil blos der größte jährliche Zuwachs, nicht aber der größte durchschnittliche Zuwachs an Holz nicht mit der größten Humuserzeugung zusammenfällt, sondern oft erst eintritt, wo die Humuserzeugung schon ganz aufgehört hat und wieder zurückgeht, so sollte man bei Berücksichtigung des größtmöglichen Erlöses doch wenigstens die Bestände nicht über die Zeit hinaus stehen lassen, wo die Humuserzeugung nicht blos aufhört, sondern der Humus sogar wieder abnimmt.

4) Wird aber endlich die Lichtstellung bei Erziehung von Hölzern, die ein bedeutendes Alter erreichen müssen, unvermeidlich, so muß für **Erhaltung und Erziehung von Unterholz** gesorgt werden, wozu sich besonders Hainbuchengestrüpp, Dornen, Wachholder, Brombeeren rc., oder auch krautartige Gewächse, wie Brennnessel, Huflattig, gemeine Klette und Farrenkraut, und selbst die häufig für bodenaussaugend gehaltene Heidel- und Preußelbeere und Haide, da ihr Vorkommen nicht Ursache, sondern Folge der Bodenaussaugung ist, eignen; sie geben dem Boden mehr zurück, als sie ihm entziehen. Und bilden sie auch wegen ihrer langsamen Verwesung einen nur unvollkommenen Humus, so sind sie doch insofern wünschenswerth, als da, wo sie vorkommen, keine anderen Gewächse mehr gedeihen, welche den Boden schirmen und verbessern könnten. Sie verschwinden von selbst wieder, wenn andere bessere Gewächse, wie das Holz die Beschirmung übernehmen, und die Erfahrung zeigt auch, daß zwischen Haidekraut aufgewachsene Kiefern weit besser gedeihen, als solche auf unbedecktem Boden.

5) Die **Durchforstung** benutzt das unterdrückte absterbende Holz, aber nur dann erst, wenn die Natur den Fingerzeig dazu gibt, daß der Bestand mehr Luft und Licht verlangt, d. h. wenn das Holz sich selbst zu reinigen anfängt. Sie beschränkt sich nicht darauf, den dominirenden Stämmen mehr Wachsraum zu geben, sondern entfernt auch jene Stämme, welche die Wipfel der dominirenden beengen. Außer einer vermehrten Holzerzeugung kommt aber diese Maßregel auch der Humuserzeugung zu Gute, sie befördert die Nahrungsaufnahme der Gewächse aus der Luft zu Gunsten der Bodennahrung. So wie aber eine Übertreibung der Lichtstellung der Nutzholzerzeugung dadurch schadet, daß sie die Astverbreitung auf Kosten der Stammbildung begünstigt, so beeinträchtigt sie die Humuserzeugung durch die Entstehung von Lücken aus den schon oben erwähnten Gründen. Daß aber auch dieses Verfahren sich nach der Individualität der verschiedenen Holzarten zu richten habe, bedarf kaum der Erinnerung. So wird ein zu dichter Stand der vorzugsweise auf Luftnahrung angewiesenen Fichte und Kiefer in der ersten Jugend viel verderblicher, als der Buche, Hainbuche und Eiche. Die Tanne bedarf weniger der Einwirkung des Lichts, auch die Buche und Hainbuche scheinen auf einen geschlossenen

Stand angewiesen zu sein, ihre Wurzelverbreitung erfolgt rascher, als ihre Astentwickelung, und ihre Wurzeln können bei ihrer schwachen Astverbreitung nur durch dichten Stand vor Austrocknung geschützt werden. Dies kann aber auch nur insofern Anwendung finden, als der Boden nicht durch bedeutenden Thongehalt an und für sich schon sehr feucht ist.

6) Außer der Betriebsart und Durchforstung kommen aber bei der **Cultur** auch noch andere Rücksichten für die Humuserzeugung in Betracht. So muß der Waldbau mit abwechselnder Fruchtnutzung fast durchgehends eine Erschöpfung und Verödung des Bodens herbeiführen, indem sowohl die Feldfrüchte den angehäuften Humus an der Stelle von Stalldünger verzehren, und was diese nicht verbrauchen, durch die Auflockerung des Bodens, durch den ungehinderten Luftzutritt erschöpft wird. Lediglich ein humusreicher Lehm- oder Thonboden kann einige Jahre vor seiner Wiederbenutzung als Waldboden Getreide und Hackfrüchte produciren und wird dadurch, namentlich bei Kartoffeln nur gewinnen, da seine Thätigkeit durch die Lockerung erst angeregt wird, während Sand- und Kalkboden, oder flachgründige, der Sonne und Luft ausgesetzte Hänge ihren Humusgehalt dabei verlieren müßten. Ebenso nachtheilig wird es, den Anbau von Blößen zu verschieben, weil sonst ihr Holz nicht in die Bestandesordnung passen würde. Auch weitläufige Pflanzungen oder Besäumungen berauben einen trockenen Boden auf zu lange Zeit der Düngung und Beschirmung, indem sie den Schluß auf eine Zeit hinausrücken, wo sich die Neigung zur Lichtstellung wieder geltend macht. Die Saaten verdienen ganz besonders da den Vorzug vor der Pflanzung, wo zur Erhaltung der Bodenkraft eine rasche Deckung des Bodens nöthig wird.

7) Neben den Holzgewächsen müssen *solche Pflanzen erhalten werden, welche einen vollkommenen Humus* liefern. Den ersten Grund zur Humusbildung legt die auf kahlen Felsen wachsende Flechte, welche für sich nur mineralische Nahrungsstoffe aus ihrem Boden in Anspruch nimmt, während sie ihm dieselben bei ihrer Verwesung nebst den aus der Luft gebildeten organischen Bestandtheilen zurückläßt. Das ihr folgende Moos setzt die Humusbildung schon in größerem Maße fort und kann nur nachtheilig werden, wenn es durch Aufnahme von zu vieler Feuchtigkeit den Fäulnißprozeß hindert und die Torfbildung veranlaßt, auch viele Gräser und andere krautartigen, besonders aber Zwiebelgewächse und überhaupt Pflanzen mit einjährigen fleischigen und daher schnell verwesenden Wurzeln sind der Humusbildung günstig, ebenso die, welche ihre starken saftigen Blätter dicht über den Boden hinbreiten, ihn im Sommer gegen Sonne und Luft schützen und ihn im Winter mit einer faulenden Schichte bedecken, weniger die Pflanzen mit aufrecht stehendem hartem Stengel und holziger Wurzel, wie Senecio vulgaris, Verbascum Thapsus, Arundoarten u. dgl., während die abgefallenen Reiser und Samenhüllen, wie schon angedeutet wurde, in unseren lichten Beständen zu langsam verwesen, und daher die Vegetation eher verhindern, da man die völlige Zersetzung ihres unvollkommenen Humus nicht abwarten kann.

8) Die Verhinderung der Bildung von unvollkommenem Humus muß sich aber auch auf die Entfernung jener Vegetabilien beziehen, die einen solchen Humus liefern, und zu diesen gehören namentlich die Torfpflanzen und vorzüglich die Sumpfmoose, welche die schädliche Einwirkung der ohnedies zu großen Bodenfeuchtigkeit durch ihre Wasseraufsaugung aus der Luft noch vermehren. Daß die Haiden und Vaccinien nicht hierher zu rechnen sind, wurde schon erinnert.

9) Die Streuentziehung muß, so viel es die localen Bedürfnisse des Feldbaues zulassen, verhütet oder beschränkt werden, weil durch eine unbegrenzte Benutzung, wie schon angegeben wurde, die Productionskraft des Waldes und damit zugleich auch der Streuertrag fortwährend vermindert würde. Wo aber die Streunutzung unvermeidlich wird, sollen die Bestände wenigstens nachher wieder einige Jahre geschont werden. Die Nachtheile der Streuentziehung vermindern sich, wenn bei einem Holzüberfluß in waldigen Gegenden große Ackerflächen durch Einstellung des Streurechens ganz unbenutzbar würden, und verschwinden ganz, wo das Laub ohnedies durch Winde oder Überschwemmung entführt würde. Die theilweise Hinwegnahme der starken, trockenen oberen Laubschichte wäre selbst vortheilhaft, wenn der Same bei einer zu starken Laubanhäufung nicht in den Boden gelangen könnte, so daß die Keimung in der trockenen Laubschichte beeinträchtigt wird.

Die Einsammlung des Laubes soll zu einer Zeit geschehen, wo das entzogene Laub bald wieder durch neues ersetzt wird, also im September und October, obgleich die meisten Streuanforderungen in eine Zeit fallen, wo, wie im März oder Anfangs April, der Boden überdies von Winden sehr ausgetrocknet wird. Es soll ferner beim Einsammeln nur die oberste (trockene) Laubschichte, nicht aber zugleich der schon ausgebildete Humus genommen werden. Das Moos sollte nur stellenweise mit der Hand durchrupft und die eigentlichen Forstunkräuter wo möglich nur da entfernt werden, wo sie die Saat zu ersticken drohen und dort erhalten werden, wo sie derselben einen Schutz gewähren müssen, und wenigstens theilweise, wo der Boden sehr locker und die Lage sehr kalt oder heiß ist.

Über den Einfluß der Streunutzung in Buchenwaldungen gibt Hundeshagen folgende Tabelle:

Versuche	Holz- und Betriebsart	Bodenart	Alter	Streunutzung überhaupt		Jährlicher oder Durchschnitts-ertrag		Durchschn. Holz-ertrag in geschonten Beständen	Verhältniß des Holzertrages zwischen ausgerechten und geschonten Beständen	Jahre des Um-triebes
				in Fudern	an dürrem Laub	an Laub	an Holz-masse			
				Anzahl	Pfunde	Pfunde a	Kubikf.	Kubikf.	b	
1. u. 2. Versuch	Buchen-Hochwald	Sandstein	95	10	13000	130	40	53	0,75 : 1	95
								66	0,62 : 1	120
6.	"	"	90	14	18200	202	37	53	0,70 : 1	95
								63	0,58 : 1	120
12.	"	"	95	10	13000	130	49	66	0,74 : 1	95
			95	10	13000	130	65	66	0,98 : 1	95
3. u. 4.	"	"	50	6	7800	156	29	41	0,70 : 1	50
8.	"	Kalk	80	9	11700	146	43	59	0,73 : 1	80
9.	"	"	70	—	80000	1142	9	44	0,20 : 1	70
10.	"	"	70	12	15600	223	28	44	0,64 : 1	70
11.	"	Basalt	65	10	13000	200	46	54	0,85 : 1	65
5.	Buchen-Mittelwald	Sandstein	35	10	13000	371	28	38	0,75 : 1	—
			35	15½	20000	570	30	40	0,75 : 1	35
7.	"	Kalk	35	15	19050	544	35	45	0,77 : 1	

Entnimmt man aus den Spalten a und b Mittelzahlen, und zwar für die verschiedenen Betriebsarten auf die verschiedenen Bodenklassen, so liefert der Buchenwald auf Sandsteinboden durchschnittlich

150 Pfd. Laub mit 0,37 Ertragsverlust
Derselbe auf Kalk und Basalt 425 " " " 0,40 "
Buchen-Mittelwald auf gutem Sandstein und Kalk . . . . . 500 " " " 0,25 "

Den meisten Werth als Dünger für den Feldbau hat nach Zierl das Laub von Ahorn, Esche und Birke, weniger das der Pappel, Buche, Erle und Weide, und am wenigsten das der Eiche, wegen des starken Gerbstoffgehalts; das Moos und die Nadeln sind nach ihm von sehr verschiedener Wirkung. Nach Hundeshagen ist der Werth des Strohes = 100 gesetzt, der des Mooses 75—100, der Nadeln 50—75, der Tannenzweige und Haiden 50, der des Laubes 26—36.

Eine mehr praktische Behandlung der forstlichen Düngerlehre liegt außer dem Bereiche dieses Buches. Man vergl. daher hierüber die umfassende Abhandlung von Pfeil in dessen kritischen Blättern 20. Bd. 2. Heft 1845. S. 55—130.

II. Chemie der Forstbenutzung.

Chemischer Theil der forstlichen Technologie.

Die Forstbenutzung beschäftigt sich nicht blos damit, die Forstprodukte einzuernten, sondern sie hat auch die Aufgabe, einen Theil dieser Naturprodukte zur vortheilhafteren Verwerthung theils einer künstlichen Vorbereitung oder Veredlung, theils einer völligen Umgestaltung zu unterwerfen, also dieselben in Kunstprodukte zu verwandeln (**forstliche Technologie**).

Die chemische Vorbereitung der Forstprodukte beschäftigt sich vorzugsweise mit dem Schutze des Holzes vor Fäulniß, welcher es zu jeder Zeit,

am meisten aber im frisch gefällten Zustande unterworfen ist, Conservation des Holzes.

Die völlige Umwandlung der Forstprodukte in Kunstprodukte erstreckt sich auf die Darstellung der Zersetzungsprodukte des Holzes durch trockene Destillation und Verbrennung, Kohlenbrennerei, nebst dem Theerschwelen und der Harz- und Pechsiederei; Kienrußbrennen und Pottaschensiederei und auf die Verarbeitung einiger zuckerhaltigen Pflanzensäfte.

Die Conservation des Holzes.

Die Zerstörung, welcher das Holz von dem Augenblicke an entgegengeht, wo es dem Wirkungskreise der Vegetation entzogen wird, beruht außer der Temperatur, welcher es ausgesetzt wird, hauptsächlich auf seinem Gehalte an stickstoffhaltigen organischen Substanzen und einer gewissen Menge Wasser, worin die ersteren aufgelöst sind. Wie bei allen Gährungsprozessen, ist es auch hier die stickstoffhaltige Materie, welche beim Eintritte ihrer eigenen Entmischung in der Holzfaser eine Zersetzung einleitet, in deren Folge sie nach und nach zerstört und in Humus verwandelt wird. Obgleich man im Allgemeinen beim Holze zwei Arten von Fäulniß, eine nasse und eine trockene unterscheidet, scheint doch auch die trockene Fäulniß oder der Trockenmoder von der nassen Fäulniß wesentlich nicht verschieden zu sein, da auch sie nur bei Gegenwart von Feuchtigkeit erfolgen kann und um so schneller erfolgt, je feuchter die umgebende Luft ist.

Beim Fortschreiten der Fäulniß, und zwar um so mehr, je beträchtlicher die Feuchtigkeit des Holzes und seiner Umgebung, der Luft, des Bodens oder Gemäuers ist, entwickeln sich Schmarotzerpflanzen im Holze, verschiedene Schwämme und Pilze, welche durch den Eintritt ihrer Fäulniß der Zerstörung des Holzes neue Nahrung bieten, nicht blos am Orte ihrer Entstehung, sondern auch, indem sie sich über die ganze Holzfläche und deren Umgebung verbreiten, wie z. B. der durch seine Ausdünstung der Gesundheit des Menschen so nachtheilige Holzschwamm (Merulius destruens oder Boletus lacrymans) des Wandgebälkes auch die Möbeln eines Zimmers anstecken kann.

Die Feuchtigkeit veranlaßt aber nicht blos die Fäulniß des Holzes, sondern sie allein versetzt auch nur die im Safte des Holzes enthaltenen Materien in jenen Zustand, in welchem sie den Insekten genießbar sind. In stark ausgetrocknetes Holz kommt bekanntlich der Holzwurm niemals, in zur Winterszeit geschlagenes, welches früher austrocknet, als das im Sommer gefällte, seltener, als in letzteres; immer sucht er dabei die Schattenseite des Holzes im Aufbewahrungsorte, wahrscheinlich, weil diese feuchter ist. Die Insekten vermögen aber auch ihrerseits zur Beförderung der Holzfäulniß mitzuwirken, indem die Löcher, welche sie ins Holz fressen, den Zutritt der Luft und der Feuchtigkeit begünstigen.

Außer diesen Einflüssen, welche auf die völlige Zerstörung des Holzes hinwirken, wenn der natürliche Wassergehalt im Holze zurückbleibt, oder

ausgetrocknetes Holz wieder von Außen Wasser aufzunehmen Gelegenheit findet, können auch bei der Verdunstung des Wassers, beim Austrocknen des Holzes Nachtheile entstehen, wodurch es wenigstens als Nutzholz unbrauchbar werden kann. Das Wasser verdunstet nämlich beim Aufbewahren des Holzes nicht aus allen Theilen desselben in gleichem Maße, selbst wenn durch Wegnahme der Rinde die Sperrung der Seitenflächen aufgehoben worden ist. Die Saftgefäße sind nur an den Hirnseiten offen, geschlossen aber an den Seiten, das Holz trocknet daher an seinen Enden schneller, als an seinen Seiten und in der Mitte. Zwei durch ein volles Saftgefäß getrennte Faserbündel nähern sich einander, je mehr sich dieses durch Austrocknen entleert. Die Holzstücke müssen daher an den Hirnenden weit früher an Dimension abnehmen, als in der Mitte. Die Holzfasern widerstreben vermöge ihrer Elasticität der dadurch verursachten Biegung und trennen sich endlich, wo die Spannung am größten ist, nämlich an den Hirnenden mit Gewalt, und bilden so die Risse, wodurch große Stücke des Holzes an jedem Ende unbrauchbar werden. Erst bei weiterem Austrocknen verkleinern sich oder schwinden die Hölzer auch in den übrigen Dimensionen. Je kräftiger die Faser ist, desto größer werden die Risse. Weiche Hölzer reißen daher weit weniger, als harte, und ein verstocktes Holz wird viel seltener rissig, als gutes. Dasselbe Verhältniß wie von den Hirnenden findet auch in den Längenseiten statt, daher das Holz auch Längenrisse erhält, welche bis in die Mitte dringen können.

Je wässeriger der Saft ist und je mehr die Verdunstung beschleunigt wird, um so weniger, aber um so weitere Risse entstehen an den Seiten und Hirnenden, je langsamer dagegen das Austrocknen erfolgt und je concentrirter der Saft ist, um so mehr, aber um so kleinere, also unschädlichere Risse entstehen.

Austrocknen des Holzes.

Das **Austrocknen** des Holzes erfordert indessen eine ziemlich lange Zeit (2—3 Jahre, vgl. auch S. 412), und daher in manchen Fällen die Zinsen. Man hat deswegen auf verschiedene Weise versucht, die Schnelligkeit mit der Gleichmäßigkeit des Austrocknens zu vereinigen. Man zersägte das Holz bald nach dem Fällen in Breter, welche man mit hohlen Zwischenräumen auf einander schichtete, man ästete und rindete die Bäume auf dem Stamme ab, man vergrub das Holz in Sand, dessen Temperatur man auf 60° C. erhöhte ꝛc. Aber durch alle diese und ähnliche Verfahrungsweisen wurde dem Reißen des Holzes und der Zerstörung durch Würmer nur theilweise, der Fäulniß aber nur für den Fall vorgebeugt, wenn das Holz bestimmt ist, an trockenen Orten zu bleiben. Soll es dagegen der Feuchtigkeit widerstehen, wie das zu Dämmen, Erd- und Eisenbahnarbeiten, zu Faßreifen, Bildhauerarbeiten, zu Formen in Gießereien u. dgl. bestimmte, so wird man nicht sowohl die Feuchtigkeit zu entfernen haben, worin die fäulnißerregenden Bestandtheile des Holzes gelöst sind, als vielmehr diese letzteren selbst. Aber auch das wird nur insofern genügen, als das Holz blos der Einwirkung feuchter Luft ausgesetzt werden soll. Wo es dagegen ganz oder zum Theil ins Wasser gebracht werden

muß, kann die Fäulniß des Faserstoffs auch durch andere in Wasser gelöste faulende Stoffe zu Stande kommen. Die Bestandtheile des Holzes müssen für solche Zwecke mit gewissen anorganischen Substanzen, Salzen u. dgl. in Verbindung gebracht werden, welche der Fäulniß widerstehen.

Ausziehen der löslichen Bestandtheile des Holzes.

Das **Ausziehen** der im Safte des Holzes gelösten Substanzen ist nicht blos insofern wichtig, als in ihnen die Fäulnißerreger entfernt werden, sondern auch, weil sie als hygroskopische Stoffe das Austrocknen des Holzes verzögern und bei eintretender Luftfeuchtigkeit verursachen, daß auch vollkommen ausgetrocknetes Holz wieder so viel Feuchtigkeit anzieht, als wenigstens zum Eintritte des Trockenmoders hinreicht; auch scheint der Faserstoff als stickstofffreie Substanz ohne diese stickstoffhaltigen Materien keine Nahrung für den Holzwurm abgeben zu können.

Scheint auch die Zeit des Fällens auf den Gehalt des Holzes an auflöslichen Bestandtheilen nicht ohne Einfluß zu sein, so hat man doch aus den seitherigen Erfahrungen noch keine widerspruchfreien Folgerungen ziehen können. Man fällt zwar das Holz gewöhnlich im Winter, allein dies hat seinen Grund mehr darin, daß zu dieser Zeit mehr Hände müssig sind und wohlfeilere Arbeit liefern, und daß man die ersten Frühlingswasser zum Flößen des Holzes benutzen kann, denn man erhält zwar im Winter ein mehr wasserleeres, schneller trocknendes, weniger schwindendes und aufreißendes Holz, welches weniger dem Verderben durch Verstocken (beginnende Gährung der Säfte) ausgesetzt ist und früher der Gefahr des Wurmstichs entzogen werden kann, allein es enthält im Winter bedeutend mehr der im Wasser aufgelösten Stoffe.

Ausziehen des Holzes durch Vegetation nach dem Fällen,

Man hat deshalb allgemein die Nothwendigkeit gefühlt, das Holz durch künstliches Ausziehen seiner löslichen Bestandtheile vor Verderbniß zu schützen. Eine sehr lang angewendete Methode bestand darin, daß man die Bäume im Winter fällte und sie mit Rinde und Ästen liegen ließ. Im Frühjahr schlugen die Zweige aus, und entzogen so dem Stammholz noch einen großen Theil des Wintersaftes, worauf man den Baum beschlug und das Holz nur noch kurze Zeit aufzubewahren brauchte. Man schreibt dieser Methode die treffliche Beschaffenheit der nordamerikanischen Schiffe zu. Sie kam in neuerer Zeit leider mehr außer Gebrauch.

durch fließendes

Eine andere Methode besteht in dem Versenken in **fließendem Wasser**. Die Wirkung ist aber hier sehr schwach, das Wasser dringt erst nach Jahren ins Innere, die Auslaugung geschieht nur in sehr geringem Grade. Das Holz ist nachher sehr dem Reißen unterworfen, wahrscheinlich wegen des Erweichens und Aufquellens der Holzfaser im Wasser.

und

durch kochendes Wasser.

Besser ist noch das **Auskochen** der Hölzer, doch dringt das Wasser immer noch zu langsam ein, um bei größeren Stücken davon Anwendung machen zu können.

Dämpfen des Holzes.

Eine andere Methode, welche man seit 1740 genauer kennt, wo sie in Holland beim Schiffbau angewendet wurde, ist das **Dämpfen** des Holzes, wodurch nicht blos der größte Theil der löslichen Bestandtheile entfernt, sondern auch eine theilweise Veränderung des Faserstoffs herbeigeführt

zu werden scheint. Das Holz wird viel fester, zäher, elastischer und nicht mehr vom Wurm angegriffen. Man bringt es hierzu in wohlverschlossene Räume, läßt in diese Wasserdampf treten und diesen 60 — 80 Stunden einwirken, bis das Wasser nicht mehr trüb und schleimig, sondern hell, wenn auch noch etwas gefärbt abfließt.

Obgleich vielfache Zweifel sich über die Zweckmäßigkeit dieses Verfahrens erhoben, haben doch nachherige zahlreiche Versuche zu seinen Gunsten gesprochen. Das so zubereitete Holz ist 15 — 40 Procent leichter, als das gewöhnliche, hat einen hellen Klang, erhält sich in Möbeln sehr lange Zeit unverändert, Wagenräder zeigten eine ungewöhnliche Haltbarkeit. Die schwedische Marine bedient sich dieser Methode, und auch an anderen Orten hat sie große Verbreitung gefunden.

In der Gewehrfabrik von Mutzig wog man die gedämpften Schafthölzer alle 8 Tage. Nach 6 Wochen im warmen und 2 Monate im luftigen Raume schien das Holz nicht mehr an Gewicht abzunehmen. Hierzu gehören bei gewöhnlichem Verfahren 3 bis 5 Jahre. Die Arbeiter, welche vom Dämpfen nichts wußten, äußerten, noch nie ein so dichtes und glattes Holz verarbeitet zu haben. Ebenso vortheilhaft erwies sich seine Festigkeit; es wirft sich nicht und zeichnet sich noch besonders durch Härte und Zähigkeit aus.

Bei der Conservationsmethode, welche nicht die Entfernung der fäulnißerregenden Bestandtheile des Holzes bezweckt, sondern nur deren Fäulniß zu verhindern sucht, kann auf zweierlei Weise verfahren werden. Man gibt entweder dem Holze einen Luft und Feuchtigkeit abhaltenden Überzug, oder man bringt die löslichen Bestandtheile des Holzes mit eigentlichen fäulnißwidrigen Substanzen in Verbindung.

Überziehen des Holzes, um es vor Fäulniß und Rissen zu schützen.

Das Verfahren, das Holz durch verschiedene **Überzüge** vor Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit zu schützen, wurde schon seit den frühesten Zeiten und wird heute noch angewendet, man bedient sich dazu meist fetter oder harziger Substanzen, wie Leinöl, Leinölfirniß, Theer u. dgl. Sie schützen das Holz nur so lange, als sie es vollkommen bedecken, werden aber durch die (wahrscheinlich nicht blos mechanischen) Einflüsse der Witterung endlich zerstört. Eine theilweise Anwendung dieser Methode hat sich indessen gegen das zu schnelle Austrocknen des Holzes an den Hirnenden und das daraus entstehende Reißen desselben bewährt. Man bestreicht daher die Hirnenden mit Ölfarbe, beklebt sie mit Papier oder Lehm, oder benagelt sie mit Bretern, oder bestreicht dieselben mit Chlorcalcium, welches das Austrocknen noch mehr verhindert, indem es selbst noch Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Würde dagegen ein noch unausgetrocknetes Holz von allen Seiten mit einem verstopfenden Anstrich bedeckt, so würde das zurückgehaltene Wasser die Fäulniß weit mehr beschleunigen, als dies ohne Anstrich der Fall gewesen wäre.

Tränken des Holzes mit fäulnißwidrigen Substanzen.

Die Substanzen, welche mit den löslichen Bestandtheilen des Holzes der Fäulniß widerstehende Verbindungen eingehen, müssen, um in das Innere des Holzes zu gelangen, von demselben aufgesaugt werden, sonach

in Wasser auflöslich sein. Die hierzu vorgeschlagenen Materien sind größtentheils Salze, einige davon Säuren, nämlich Kupfer-, Eisen-, Zink-, Kalk- und Magnesiasulphat, Kali- und Natronalaun, Soda, Pottasche, Kalk, Kochsalz, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Salpeter, Quecksilber- und Zinkchlorid, essigsaures Eisenoxydul, Schwefelsäure, arsenige Säure (weißer Arsenik), Holzessig, Gerbstoff, Creosot, Leinöl 2c.

Die **Schwefelsäure** und **schwefelsauren Salze** der Metalle, wie Eisen, Kupfer, Zink und Mangan, bewahren zwar das Holz vor Fäulniß, allein sie zerstören es durch ihre eigene Einwirkung. Die Oxyde der Schwermetalle bilden mit gewissen Bestandtheilen des Holzes unlösliche Verbindungen unter Abscheidung der Schwefelsäure, welche sich durch das Verdunsten des Wassers mehr und mehr concentrirt und dabei das Holz durch theilweise Verkohlung in eine morsche Masse verwandelt[1]).

Auch der **Alaun** verhält sich wegen seiner überschüssigen Säure den Metallsalzen ähnlich. Da indessen die Thonerde die Eigenschaft, Thierkörper vor Fäulniß zu bewahren, in hohem Grade besitzt, so möchte sich die von Gannal mit so ausgezeichnetem Erfolge versuchte essigsaure Thonerde wohl auch für Holz sehr vortheilhaft eignen, wenn nicht ihr jetzt noch zu hoher Preis ihrer Anwendung im Wege stände.

Das **Kochsalz** ist schon seit den ältesten Zeiten als fäulnißwidriges Mittel für Thier- und Pflanzenstoffe benutzt worden. Da es aber mit dem Holze keine unlösliche Verbindung eingeht, so kann es wegen seiner Leichtlöslichkeit nur für trockene Orte Anwendung finden, hat aber wegen seines Gehaltes an Chlormagnesium die Eigenschaft, das Holz stets in feuchtem Zustande zu erhalten, der indessen unter manchen Verhältnissen sogar erwünscht sein kann. Reines Chlormagnesium und Chlorcalcium und Pottasche besitzen die erwähnten Fehler des Kochsalzes in noch höherem Maße, Soda und Salpeter wenigstens den der Auflöslichkeit.

Auch **Kalk** wurde zur Holzconservation versucht, weil man gefunden hatte, daß Schiffe, die gebrannten Kalk geladen hatten, sich gut hielten; allein das präparirte Holz faulte noch schneller, als gewöhnliches, da alkalische Substanzen in der kleinen Quantität, in welcher sich Kalk in Wasser auflöst (1 in 400) die Fäulniß sogar noch beschleunigen, während sie dieselbe in größeren Mengen verhindern, wie auf Holz aufgeschichteter Kalk, welcher außerdem auch noch die Feuchtigkeit stark absorbirt.

Die **arsenige Säure** conservirt das Holz gleichfalls, mußte aber wegen der giftigen Eigenschaften, welche dieselbe sowohl während der Zubereitung, als auch beim Gebrauche des Holzes äußerte, wieder aufgegeben werden.

---

1) Vom schwefelsauren Mangan, resp. von dem sonst fast werthlosen mit Seifensiederlauge, Kalk oder Chausseestaub von Kalkstraßen neutralisirten Rückstande von der Chlorbereitung, welcher außerdem auch schwefelsaures Natron enthält, behauptet Münzing (Dingler's polytechn. Journ. 76. S. 364. 1840 aus Riecke's Wochenbl. Nr. 20), daß es die zerfressenden Eigenschaften anderer Metallsulphate nicht besitze und ausgezeichnet gut conservire.

Der **Gerbstoff** verdient hier nur insofern einer Erwähnung, als derselbe schon von Natur aus in vielen Holzarten, namentlich in der Eiche in reichlicher Menge vorkommt. Allein seine Einwirkung auf die stickstoffhaltigen Bestandtheile findet blos nach längerem Verweilen unter Wasser statt, um damit eine nicht faulende Verbindung zu bilden. Außer dem Wasser ist das Eichenholz oft von kürzerer Dauer, als die Nadelhölzer, welche durch ihren Harzgehalt eine gewisse Zeit vor Fäulniß bewahrt werden.

Das **Kreosot** bildet mit dem Eiweißstoff eine unlösliche Verbindung und hat nach angestellten Versuchen in Mistpfützen gelegtes Holz von Fäulniß und Insekten vollkommen frei erhalten. Allein sein bis jetzt noch sehr hoher Preis und sein durchdringender Geruch haben seine Anwendung unmöglich gemacht.

Der **Holzessig** wirkt nicht als Säure, sondern durch seinen Kreosotgehalt.

Auch bei dem **Räuchern** des Holzes spielt das Kreosot die Hauptrolle. Man legt das Holz so lange über ein Rauch- oder Schmauchfeuer, bis es ganz trocken ist und eine dünne schwarze Rinde bekommt. Diese Methode wird vorzüglich beim Maschinenholz benutzt. Erlen-, Birken- und Buchenholz erhält dadurch beinahe die Härte des Eichenholzes.

Das **Leinöl** vermag gleichfalls das Holz einigermaßen zu conserviren, wenn es dasselbe durchdringt. Wenn man das Holz beim Anstrich über Feuer heiß macht und das Leinöl kochend aufträgt, so soll es nach Tredgold einen Fuß tief ins Holz eindringen.

Desgleichen sind **Steinkohlen-** und anderer **Theer** namentlich mit dem brenzlichen Öle aus Tabakrippen u. dgl. empfohlen worden.

Quecksilbersublimat. (Kyanisiren des Holzes).

Der **Quecksilbersublimat** (Quecksilberchlorid) ist entschieden das vorzüglichste Erhaltungsmittel, sowohl für Thier- als Pflanzensubstanzen, indem es mit dem Eiweißstoff eine in Wasser vollkommen unlösliche Verbindung bildet. Seine Anwendung zur Conservation des Holzes, obgleich schon 1705 von Hamburg gegen den Wurmfraß und 1821 von Knowles, wie noch früher von Davy und Chapmann gegen Trockenmoder empfohlen, wurde zuerst von M'Kyan, einem Destillateur in London, 1834 praktisch ausgeführt, weshalb das Verfahren das **Kyanisiren** des Holzes genannt wurde. Es findet in neuerer Zeit für verschiedene, namentlich für Eisenbahnbauten eine immer mehr verbreitete Anwendung. Man bedient sich dazu einer Auflösung, welche 1/60 dieses Salzes, für viele Fälle jedoch auch nur 1/100, oder selbst 1/200 davon enthält, in welcher man das Holz eine Woche liegen läßt. Als Gift für alle Thiere hält es dabei auch jede Zerstörung durch Insekten auf das Vollkommenste ab, während die Stärke des Holzes bei diesem Verfahren nach den sorgfältigsten Versuchen vollkommen unverändert bleibt. Entomologen und Kryptogamologen haben über das Kyanisiren des Holzes geklagt, indem hierdurch manche Insekten und Schwämme, die sonst häufig an alten Pfählen und Balken zu finden waren, beinahe verschwinden.

Die Zweckmäßigkeit der nun seit 20 Jahren in Anwendung gebrachten Methode wurde durch mehrfache Versuche erprobt. So zeigten sich kyanisirte Balken, welche man in England in eine unterirdische mit in vollkommener Fäulniß begriffenem Holze gefüllte Höhle brachte, worin das härteste und trockenste Holz nicht ein Jahr lang dem Eintritte der Fäulniß widerstand, noch nach 5 Jahren vollkommen unverändert, während nicht kyanisirtes Holz von gleicher Art schon eine sehr vorgeschrittene Fäulniß zeigte. So fand Beazley kyanisirte Pfosten und Pfähle im Regentspark nach 2¼ Jahr, eine leichte oberflächliche Färbung abgerechnet, vollkommen gesund, während unpräparirte mit Schwämmen besetzt und bis auf 1—2 Zoll Tiefe so weit von Fäulniß zerstört waren, daß man mit dem Spaten ganze Trümmer abstoßen konnte.

Um die Tiefe zu bemessen, bis zu welcher der Sublimat im Holze eindringt, tränkte Erdmann die Querschnitte mittelst einer Auflösung von 1 Theil Sublimat in 50 Theilen Wasser kyanisirter Hölzer mit Schwefelwasserstoffammoniak, wobei sich die vom Sublimat erreichten Stellen mehr oder weniger schwärzten, während die übrige Masse ihre Farbe behielt. Die Versuche ergaben jedoch, daß sich das Eindringen des Sublimats bei dem gewöhnlichen Verfahren nur auf eine sehr geringe Tiefe beschränkt, welche bei harten Hölzern 2—3 Linien, bei weichen etwas mehr beträgt, während die Lösung bis ins Innere nur an solchen Stellen gedrungen war, wohin sie durch feine Risse einen Weg fand.

Nach Lampe in Leipzig, welcher nach seinen Versuchen annimmt, daß die sächsische Elle 9 Zoll hoher und 6 Zoll breiter Eisenbahnschwellen von weichem Holze 3 Pfund Auflösung von 1 Gewichtstheil Sublimat in 50 Theilen Wasser anzieht, und danach auf 2 Gr. 3 Pf., die von hartem Holze, welches die Hälfte aufnimmt, auf 1 Gr. 1½ Pf. käme, würde die deutsche Meile, zu 16000 Ellen gerechnet, zu kyanisiren kosten:

von weichem Holze (2 Schwellen) 3000 Thlr.
von hartem " " " 1500 "

Diese Kosten müßten sich natürlich um das Vielfache vermehren, wenn die nach einer längern Reihe von Jahren gemachten Erfahrungen ein vollständiges Durchdringen des Holzes vom Sublimat bis ins Innere wünschenswerth machen sollten, da nach dem jetzigen Verfahren, wie oben gezeigt wurde, nur die äußersten Schichten des Holzes kyanisirt werden[1]).

Zu dem Vorwurfe der Kostspieligkeit dieses Verfahrens gesellen sich auch noch vielfache Bedenken wegen der außerordentlichen Giftigkeit[2]) des Sublimats. Denn wenn auch das kyanisirte Holz keine schädlichen Ausdünstungen verbreitet und der Sublimat mit dem Eiweißstoff des Holzes

---

1) Mehr hierüber vgl. in Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. 1838. Nr. 12; Dingler's polytechn. Journ. Bd. 84. S. 74—76 u. 69. S. 365—369.

2) Zur sicheren Entfernung alles unzersetzt gebliebenen Sublimats hat man empfohlen, das kyanisirte Holz vor dem Gebrauche noch mit eiweißhaltigem Wasser abzuwaschen.

eine vollkommen unlösliche Verbindung eingeht, so entwickeln sich doch nicht nur beim Verbrennen dieses Holzes höchst schädliche Quecksilberdämpfe, sondern auch bei Entladungen der Luftelektricität auf Schiffe, was so häufig geschieht; so wie auch das Mechanics Magazin Fälle aufführt, wo Thiere durch Lecken an kyanisirtem Holze erkrankten.

Tränken des Holzes mit holzessigsaurem Eisen.

Beide Übelstände, welche die Brauchbarkeit des so wirksamen Quecksilberchlorids nicht unbedeutend schmälern, verhütet das **holzessigsaure Eisen**, welches zuerst von Boucherie versucht wurde. Die Eisensalze sind in kleineren Quantitäten dem Leben der Menschen und Thiere in keiner Weise nachtheilig; dabei ist das Eisen das wohlfeilste Metall und die Holzessigsäure, besonders für den Forstmann die billigste Säure, da sie sich bei der Kohlenbrennerei mit geringer Mühe in großen Quantitäten sammeln läßt. Das Eisenoxyd bildet, wie schon bei den schwefelsauren Metallsalzen im Allgemeinen erwähnt wurde, mit den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Holzes eine unlösliche, der Fäulniß widerstehende und als Nahrung für Insekten nicht mehr geeignete Verbindung, während die freiwerdende Essigsäure nicht wie die Schwefelsäure zerstörend auf das Holz wirkt, und vermöge ihrer Flüchtigkeit nach kurzer Zeit vollkommen aus demselben verschwindet.

Was die conservirende Kraft dieses Salzes betrifft, so führt Schulz in seiner Schrift: „Neues, wohlfeiles und bewährtes Verfahren, das Holz zu conserviren rc. Weimar 1844" hierüber folgende Versuche auf, welche, um recht entscheidende Resultate zu liefern, mit Substanzen angestellt wurden, deren Zersetzbarkeit die des Holzes noch weit übertrifft.

62 Gramme Weizenmehl, mit 30 Grammen reinem Wasser befeuchtet, waren schon nach 10 Tagen vollständig mit Schimmel bedeckt unter der gewöhnlichen die Fäulniß begleitenden Gasentwickelung.

Von 3 Quantitäten Weizenmehl, jede von 62 Gr., wurde eine mit 30 Gr. einer Auflösung von 2 Decigrammen Sublimat, eine andere mit ebensoviel einer Auflösung von 4 und die dritte mit einer von 6 Decigr. Sublimat befeuchtet. Noch nach 2 Monaten hatte sich in keiner der 3 Massen Weizenmehl irgend eine Veränderung gezeigt.

Ebenso wurden 5 ebenso große Proben mit 30 Gr. einer Auflösung von 2, 4 und 6 Decigrammen und 1 und 2 Grammen Eisenvitriol befeuchtet. In allen stellte sich je nach der Quantität des Salzes in kürzerer oder längerer Zeit Schimmel ein, welcher nach 17 Tagen vollkommen ausgebildet war.

Ferner wurden auf dieselbe Weise 4 Proben mit Auflösungen von 2, 4, 10 und 20 Decigrammen Arsenik befeuchtet. Bei 2 Decigr. Arsenik erschien der Schimmel nach 15 Tagen und war nach 21 Tagen völlig ausgebildet; bei 4 nach 17, ausgebildet nach 23; bei 10 nach 20, ausgebildet nach 25 und bei 20 war noch nach mehreren Monaten kein Schimmel sichtbar.

Endlich wurden 8 Proben mit 30 Grammen Wasser befeuchtet, dem je 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 Gr. einer Auflösung des holzessigsauren

Eisens von 8° Baumé zugesetzt waren. Bei 1 Decigr. erschien der Schimmel nach 10, bei 2 nach 12, bei 3 nach 15, bei 4 nach 20 Tagen und zwar immer nur an einigen Stellen der Oberfläche, bei 5, 6, 7 und 8 war noch nach einem Monate kein Schimmel sichtbar.

Es wurden ferner 92 Gr. der so leicht verderbenden ausgepreßten Runkelrüben mit ausgepreßtem Safte derselben Runkelrüben, worin das Erhaltungsmittel aufgelöst worden war, angefeuchtet. Beim Befeuchten mit reinem Safte war die Masse schon nach 10 Tagen völlig mit Schimmel bedeckt.

Bei 6 Versuchen mit Sublimat, wobei das kleinste Quantum des letzteren 1 Decigramm betrug, blieb die Masse stets von Schimmel befreit.

Bei 6 Versuchen mit Eisenvitriol mit einem Minimum von 3 und einem Maximum von 15 Grammen desselben war der Brei durchschnittlich schon nach 11 Tagen mit Schimmel bedeckt.

Von holzessigsaurer Eisenlösung von 8° Baumé war etwa 1 Gramm nöthig, um die 92 Gramme ausgepreßter Runkelrüben vollkommen zu conserviren, da sich bei weniger nach einiger Zeit Schimmel einstellte.

6 Gramme unreiner Holzessig schützten gleichfalls 92 Gr. ausgepreßte Runkelrüben vollkommen vor dem Verderben.

Schwefelsäure zu 1 Decigr. bis 1½ Gramm verzögerte das Verderben des Breies kaum einige Tage.

Auch Kupfer- und ähnlich Zinkvitriol zu 1 Decigr. bis 1½ Gramm verzögerte das Verderben desselben nur einige Tage.

Bei grünen Holzsägespänen, welche für sich schon weit leichter verderben, als trockene, auch wenn diese mit vielem Wasser angefeuchtet waren, ergab sich das günstige Resultat, daß sie von 1 Gramm holzessigsaurem Eisen von 8° Baumé noch vollkommener conservirt werden, als von 1 Decigramm Quecksilbersublimat. Mit bloßem Wasser befeuchtete Sägespäne bedecken sich sehr bald mit Schimmel und die Fäulniß zerstört sie in kurzer Zeit ganz.

Diese Versuche ergeben, daß das holzessigsaure Eisen durch seine conservirende Kraft alle übrigen hierzu vorgeschlagenen Substanzen, deren Anwendung wenigstens nicht anderweitige Hindernisse im Wege stehen, übertrifft, und was es in dieser Beziehung dem Sublimat nachgibt, wird durch seine Billigkeit wieder reichlich eingebracht, zumal schon $1/50$ des Gewichtes vom frischen Holze, holzessigsaure Eisenlösung von 8° Baumé mehr als hinreichend ist. Dabei soll es dem Holze auch eine bedeutende Härte geben. Es versteht sich indessen von selbst, daß die verschiedenen Hölzer je nach ihrem Gerbstoffgehalt eine graue bis schwarze Färbung davon annehmen, welche sich durch Waschen nicht wieder entfernen läßt. Das Eichenholz wird demnach am tiefsten, die Nadelhölzer am schwächsten gefärbt.

Verfahren, das Holz von der Erhaltungsflüssigkeit durchdringen zu lassen.

Was die Art und Weise betrifft, das Holz von den conservirenden Flüssigkeiten durchdringen zu lassen, so hat man hierzu verschiedene Methoden:

Das älteste und allerdings auch einfachste Verfahren besteht darin, das Holz ganz in die Flüssigkeit hineinzulegen; allein es wirkt so langsam, daß zur vollkommenen Durchdringung Jahre erforderlich sind.

mittelst Einlegen des Holzes in die Flüssigkeit,

Eines der neueren Mittel besteht in der von Bréant empfohlenen Anwendung des Druckes, welchen man mittelst einer Luftpumpe auf die nebst dem Holze in einem starken, luftdichten Gefäße befindliche Flüssigkeit durch Einpumpen von Luft ausübt, wodurch erstere ins Holz gepreßt wird. Abgesehen von dem Zweifel, welcher sich gegen die Wirksamkeit der Luftpumpe in einem so großen Raume erheben muß, verringert jedenfalls schon die Kostspieligkeit eines so großen Gefäßes und der hierzu nöthigen Maschine die Brauchbarkeit des ganzen Verfahrens [1]).

durch Druck,

Ein anderes Verfahren erzeugt einen luftleeren Raum durch Wasserdämpfe. Man treibt aus dem mit Holz gefüllten luftdichten Gefäße die Luft durch eingeleiteten Dampf aus, bei dessen Verdichten eine theilweise Leere entsteht. Diese saugt die im Holze enthaltene Luft aus, wodurch es dann leichter von der Flüssigkeit durchdrungen wird, wenn man dieselbe aus dem mit dem Gefäße in Verbindung stehenden Flüssigkeitsbehälter eintreten läßt. Die Aufsaugung kann noch durch den Druck einer Luftpumpe auf die Flüssigkeit unterstützt werden. Oder man pumpt die Luft mit der Luftpumpe aus und läßt dann die atmosphärische Luft ihren Druck auf die Flüssigkeit ausüben, so wird dieselbe dadurch in die luftleeren Poren des Holzes gedrückt. Allein auch diese Methode treffen ähnliche Vorwürfe wie die vorige.

durch den luftleeren Raum.

Nach dem Verfahren von Payne [2]) bedient man sich gleichfalls der Luftpumpe, um das Holz zuerst mit einer Auflösung von Eisenvitriol, (schwefelsaures Eisenoxydul) und mit einer ähnlichen von Chlorcalcium zu tränken. Diese zersetzen sich gegenseitig in lösliches Eisenchlorür und unlöslichen schwefelsauren Kalk, letzterer setzt sich in den Poren des Holzes ab, vermehrt das Gewicht des Holzes und gibt ihm nach Payne eine so große Festigkeit, daß er es „metallisirt" nennt.

Metallisiren des Holzes nach Payne.

Statt Chlorcalcium kann man auch Soda nach dem Eisenvitriol oder zuerst Schwefelcalcium, oder -Baryum und dann Eisenvitriol anwenden, und statt des letzteren auch Alaun (schwefelsaure Kalithonerde), wodurch man im ersten Falle kohlensaures Eisenoxydul, im zweiten Thonerde, und im letzten Schwefel und Schwefeleisen in den Zwischenräumen des Holzgewebes niederschlägt. Um möglichst viel Niederschlag im Holze abzulagern, trocknet man das Holz erst vor Anwendung der zweiten Flüssigkeit.

Das loseste, poröseste Holz eignet sich am besten zu diesem Verfahren. Der Apparat, worin das Holz mit den Flüssigkeiten getränkt wird,

---

1) Die Beschreibung desselben nebst Abbildung des Apparates findet sich im Bulletin de la société d'encouragement. Juni 1845. S. 254; Dingler's polytechn. Journal. Bd. 97. 1845. S. 423.

2) Illustrirte Gewerbezeitung. I. Bd. 1846. S. 32 und Dingler's polytechn. Journal. 86. S. 434 u. 101. S. 153 aus dem Echo du monde savant. 1846. Nr. 14.

besteht in einem großen, 10—12 Fuß im Durchmesser haltenden Cylinder von Gußeisen, der so lang, als das längste zu bearbeitende Holzstück ist. Er ist aus mehreren kurzen Cylindern mittelst Flaschen- und Schraubenbolzen zusammengesetzt und an einem Ende geschlossen, während der andere Deckel mittelst eines Krahnes abgehoben werden kann. Der Cylinder liegt wagerecht im Holzhofe und das Holz wird auf niedrigen Wagen auf einer kleinen Eisenbahn eingefahren und darin aufgeschichtet.

Nachdem die Füllung vollendet und der Deckel geschlossen und verschraubt ist, wird der Cylinder mittelst einer Luftpumpe, welche durch eine Dampfmaschine getrieben wird, luftleer gemacht, worauf die schwefelsaure Eisenauflösung aus den unter dem Cylinder liegenden Behältern durch Röhren aufsteigt und die Stelle der ausgepumpten Luft im Holze einnimmt. Nun läßt man durch einen unten angebrachten Hahn die überflüssige Auflösung ab und leitet durch einen oberen Hahn die Chlorcalciumlösung ein, welche sich in einem 6—9 Fuß über dem Cylinder aufgestellten Behälter befindet. Der Überfluß dieser Auflösung wird mittelst des Luftdruckes wieder in den oberen Behälter zurückgeschafft und die Operation ist vollendet.

Das so zubereitete Holz nimmt an der Luft einen bläulichen Farbenton an, indem das allmälig in Chlorid übergehende Eisenchlorür mit der Gerbsäure des Holzes gerbsaures Eisenoxyd bildet. Das Holz wird so schwer wie Eichenholz und ein Würfel von 3,3 Zoll Seite trug ein Gewicht von 250 Centner, ohne mehr als um 4 Linien zusammengedrückt zu werden, dehnte sich aber nach Abnahme des Gewichtes um 1⅓ Linie wieder aus. Das so bereitete Holz eignet sich zu Eisenbahnschienen, da auf einer Probestrecke, die noch obenein in einer Curve lag, nach 28,000 Übergängen des Zuges und oftmaligem Gebrauche der Bremsen, der Sägeschnitt auf dem Holze noch nicht einmal verwischt war. Auch Versuche hinsichtlich des Widerstandes gaben sehr genügende Resultate. Zu feinen Tischlerarbeiten eignet sich das Holz sehr gut und die Würmer gehen nicht in dasselbe. Es wäre nur noch zu erwarten, ob das Eisenchlorid, oder noch mehr die daraus durch die Gerbsäure ausgeschiedene Salzsäure nicht allmälig zerstörend auf das Holz wirkt. Für diesen Fall wäre Kalkwasser oder Soda der Chlorcalciumlösung vorzuziehen.

Venzat und Banner haben auf dem Paris-Sceaux-Bahnhof bereits zwei Payne'sche Maschinen errichtet und wenden, statt des Eisen-, Kupfervitriol an[1]). Das Verfahren soll auch (mit Vitriol und Soda) beim Bau der königlichen Ställe zu Claremont in England angewendet, sich vollkommen bewährt haben.

Einer genaueren Untersuchung wurde nach dieser Methode (mit Eisenvitriol und Chlorcalcium) behandeltes Holz von Stöckhardt unterworfen. Es fängt beim Erhitzen in einer Weingeistflamme zwar Feuer, außerhalb

---

1) Dingler's polytechn. Journal. 101. S. 156 aus Echo du monde savant. 1846. Nr. 30.

der Flamme dagegen verglimmt es blos. Auf dem Wasser schwimmt es, versinkt aber allmälig, das Buchenholz nach 10, das Eichenholz nach 13, das Tannenholz nach 18 Tagen.

Man nimmt gewöhnlich an, daß durch die beiden sich zersetzenden Flüssigkeiten ein Niederschlag von schwefelsaurem Kalk im Innern des Holzes entstehe, welcher die Poren desselben ausfülle. Erwägt man aber, daß die Poren des Holzes schon mit einer Flüssigkeit angefüllt sind, wenn die Chlorcalciumlösung darauf wirkt, so ist bei der überaus geringen Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Körper leicht einzusehen, daß die zweite Flüssigkeit auch bei starkem Druck nur bis zu einer sehr unbedeutenden Tiefe ins Holz eindringen werde. Immerhin aber wird durch Anwendung der Chlorcalciumlösung wenigstens in den äußeren Holzschichten ein schützender schwerlöslicher Niederschlag von Gyps erzeugt. Aus Stöckhardt's Versuchen ergab sich, daß nur Eisenoxydul und Schwefelsäure in der Holzmasse und zwar in solcher Menge zugegen sind, daß man sie als dem Holze absichtlich zugesetzt ansprechen kann. Das Eichenholz lieferte nämlich 6,2% Asche, worin 5,0 Eisenoxyd, das Buchenholz 5,9, worin 4,6 Eisenoxyd und das Tannenholz 6,8, worin 5,7 Eisenoxyd enthalten war, was 17,3, 15,9 und 19,8 krystallisirtem Eisenvitriol entspricht. Der Kalkgehalt betrug selbst in den der Rinde zunächst gelegenen Holzringen nur 1/6% bis höchstens 1/3% von dem Gewichte des Holzes, was man nur als natürlichen Aschenbestandtheil anzusehen hat.

Durch diesen Umstand dürfte jedoch der Werth des Payne'schen Verfahrens nicht geschmälert werden, da die conservirende Kraft des Eisenvitriols für sich durch zahlreiche Erfahrungen hinreichend erprobt ist.

Der Besorgniß, daß der Eisenvitriol durch den Regen aus dem Holze ausgelaugt werde, steht die Thatsache entgegen, daß nur ein 2—3 Sommer dauerndes Liegen in fließendem Wasser frischem Holze seine Safttheile zu entziehen vermag. Würde auch wirklich das atmosphärische Wasser bis zu einer beträchtlichen Tiefe eindringen, so wechselt doch dasselbe im Holze äußerst schwer und das bei trockenem Wetter verdunstende Wasser läßt den Eisenvitriol im Holze zurück. Das schwefelsaure Eisenoxydul verwandelt sich ferner unter dem Einflusse der Luft allmälig in Oxydsalz und zwar in basisches, welches in Wasser unauflöslich ist, abgesehen von jenem Theile des Vitriols, welcher schon mit der Gerbsäure, dem Eiweißstoff und anderen organischen Bestandtheilen des Holzes unauflösliche Verbindungen bildet, die durch Überziehen der Zellenwände schon einen mechanischen Schutz durch Abhaltung von Wasser und Luft gewähren müssen.

Diese Voraussetzungen sah Stöckhardt auch durch seine Versuche gerechtfertigt. Dünne Scheiben von metallisirtem Eichen-, Buchen- und Tannenholz 12 Tage mit einer größeren Menge kalten Wassers in Berührung gelassen, lieferten beim Verbrennen 2,7, 3,1 und 2,1 Procente einer hauptsächlich aus Eisenoxyd bestehenden Asche, eben solche mit siedendem Wasser ausgezogen 2,2, 1,7 und 1,2%. Es blieb also trotz den der

vollständigen Auslaugung so günstigen Bedingungen eine nicht unbeträchtliche Menge Eisen im Holze zurück.

Baucher und Eichthal tränkten das Holz zuerst mit Eisenvitriollösung, dann mit **Wasserglas**. Es entsteht Eisensilicat, welches das Holz unverbrennbar und wetterfest macht.

Sättigen des Holzes mit der Erhaltungsflüssigkeit durch die natürliche Aufsaugungskraft des lebenden Baumes.

Das einfachste Verfahren, welches schon 1806 von Heinrich Cotta empfohlen, vor etwa 10 Jahren zuerst versucht wurde, besteht darin, die natürliche Aufsaugungskraft des lebenden Baumes zur Durchdringung des Holzes von der Erhaltungsflüssigkeit zu benutzen, entweder bald nach dem Fällen, da der Baum seine Aufsaugungsthätigkeit gegen dargebotene Flüssigkeiten noch längere Zeit nachher behält, oder noch **vor** dem Fällen.

Im ersteren Falle wird der an der Wurzel gefällte Baum entweder in eine senkrechte, oder wenigstens in eine schräge Lage gebracht, so, daß der abgehauene Theil möglichst tief, die Äste des Baumes aber möglichst hoch zu liegen kommen. Ist er in dieser Stellung befestigt, so wird das untere Ende in das mit der Flüssigkeit gefüllte Gefäß gebracht, worin man ihn etwa 8 Zoll tief eintaugen läßt.

Eine Pappel von 84 Fuß Höhe und 16 Zoll Durchmesser war auf diese Weise nach 6 Tagen von holzessigsaurer Eisenflüssigkeit von 8° Baumé bis in die Blätter durchzogen und hatte dabei etwa 3 Hectoliter (ungefähr 5 Eimer) aufgenommen, eine Fichte von 64 Fuß Höhe und 20 Zoll Durchmesser war gleichfalls in 6 Tagen gesättigt und zwar von 2,8 Hectolitern.

Statt das ganze abgehauene Baumende in die Flüssigkeit zu stellen, wozu das Gefäß ziemlich groß sein muß, kann man dasselbe auch blos in einen luftdichten Sack einbinden und diesen entweder direct, oder mittelst eines Hebers von einem Gefäße aus mit der Flüssigkeit gefüllt erhalten.

Methode von Boucherie mittelst des horizontalen Schnitts.

Einfacher noch als dieses Verfahren, welches nur dann anzuwenden wäre, wenn der Baum von seinem Standorte entfernt, conservirt werden soll, ist folgendes: Man sägt den Baum an der Stelle, an welcher er umgehauen werden soll, wenige Zoll tief im ganzen Umkreise ein, macht einige Zoll weiter unten einen gleichen, diesem parallel laufenden Einschnitt und sticht nun die zwischen beiden Einschnitten stehende Rinde sowohl, als das Holz bis zum Kern oder Mark des Baumes bis auf etwa 4—5 Zoll Dicke aus. Damit der Baum bei diesem schwachen Stützpunkte nicht umschlage, wird er durch 2 oder 3 in den Ausschnitt eingestemmte Keile unterstützt, bei starkem Winde aber, oder wenn er schief gewachsen wäre, wird er durch ein Tau oder eine Sperre auf passende Weise befestigt. Unterhalb des unteren Einschnittes bindet man um den Stamm ein Stück Wachsleinwand oder getheerte Leinwand fest, füllt den Winkel, welchen der nach aufwärts gerichtete Zeug mit dem Stamme bildet, bis etwa 4 Zoll unter dem Einschnitt mit Thon, Lehm oder einer andern von Wasser schwer durchdringlichen Masse aus und bindet dann den oberen Rand des Zeuges über dem oberen Einschnitte gleichfalls fest um den Stamm, doch so, daß der Zeug den ringförmigen Einschnitt des Baumes nicht straff

überzieht, sondern um denselben gleichsam einen Beutel bildet, in dessen oberem Theile sich eine Öffnung befindet, in welche ein Heber luftdicht befestigt ist, der den Beutel aus einem Gefäße voll Eisensalzlösung erhält.

Sobald die Salzauflösung die Blätter erreicht hat, was man an dem Dunklerwerden oder an der braunen Farbe derselben erkennt, oder auch ohne Weiteres nach 6 bis 7 Tagen kann die Operation für beendigt angesehen und der Baum umgehauen werden. Um Flüssigkeit zu sparen, oder um beim Umhauen den Baum leichter behandeln zu können, läßt man dem Baum nur die Äste, welche gleichfalls conservirt werden sollen, oder etwa nur einen äußersten Zweig mit einem Blätterbüschelchen, um daran das Aufsteigen der Flüssigkeit erkennen zu können.

Im November 1845 wurden die von Boucherie nach seiner Methode präparirten, vor 3 Jahren an einer ziemlich feuchten Stelle des Waldes von St. Germain bei Paris vergrabenen Stämme ausgegraben, welche meist aus unter der Erde wenig dauerhaften Holzarten bestanden. Die nicht präparirten Stämme waren ohne Ausnahme nur noch formlose Klumpen, während die präparirten Stämme, so wie die präparirten Hälften von halbpräparirten ganz unversehrt waren[1]).

Vielfachen Beobachtungen zufolge ist der Herbst die für diese Operation am meisten geeignete Jahreszeit, weniger der Sommer und noch weniger der Frühling, weil da die Auffaugung fast nur in den äußeren Theilen des Baumes stattfindet; der Winter aber gar nicht, weil da die Flüssigkeit nur einige Fuß hoch aufzusteigen vermag. Die Nadelhölzer, welche ihre Blätter fortwährend behalten, können selbst noch im December und Januar getränkt werden und es tritt bei ihnen die ungünstigste Jahreszeit erst zu Ende Januars ein und dauert bis Ende Juni. Doch eignet sich auch für sie am besten der Herbst, namentlich dessen Anfang.

Die Absorptionskraft bleibt am ersten Tage der Auffaugung ziemlich gleich, nimmt aber schon am zweiten, längstens am dritten rasch ab und ist nach 10 Tagen nur noch schwach.

Merkwürdigerweise vermehrt die große Menge eingesogener Flüssigkeit das Gewicht des Holzes nicht, sondern verringert es vielmehr, was sich nur daraus erklären läßt, daß mit dem Durchdringen von Flüssigkeit das Leben des Holzes und mit ihm auch die Kraft, den natürlichen Wassergehalt zurückzuhalten weit schneller erlöscht, sonach das Holz sehr rasch austrocknet.

Der Theil des Baumes zwischen Rinde und Mark, welcher dem Verderben am leichtesten unterliegt, ist gerade auch derjenige, welcher am meisten von der Salzauflösung durchdrungen wird.

Über verschiedene Methoden, das Holz mit der Erhaltungsflüssigkeit zu tränken, sind beim Bergbau in Clausthal[2]) Versuche mit holzsaurem

1) La Presse. 28. Nov. 1845; Ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen. 1846. S. 48.

2) Dingler's polytechn. Journal. Bd. 97. 1845. S. 80.

Eisen und einer Auflösung des Abfallsalzes der Salpetersiedereien (Chlorkalium) angestellt worden: 1) bei auf dem Stamme stehenden Bäumen (Fichten) a) nach der Methode von Boucherie durch horizontalen Schnitt, b) durch in den Stamm eingebohrte Löcher und zwischen denselben herausgesägte Ausschnitte, c) allein durch in den Stamm gebohrte Löcher oder d) durch Anbohren der Wurzeln; 2) bei gefällten Bäumen a) im Liegen der Stämme mittelst Anbohrung und eines normal gegen die Axe des Baumes und an der Rinde wieder verkitteten Schnittes; b) durch Eintauchen des Baumes mit seinem Stammende in ein die Flüssigkeit enthaltendes Gefäß; c) mittelst Einseihung und zwar einmal, indem das Stammende zur Aufnahme der Flüssigkeit ausgehöhlt und nach Oben gerichtet aufgestellt, dann, indem das obere Ende ausgehöhlt, mit Flüssigkeit gefüllt und in seiner natürlichen Lage aufgerichtet wurde.

Diese Versuche ergaben im Allgemeinen:

1) Die Aufsaugung der Flüssigkeit erfolgte immer nur im Splinte des Stammes und gewöhnlich auf einer Seite vollkommener, als auf der andern.

2) Nur über den Flächen oder Querschnitten des Splintes hat die Aufsaugung stattgefunden, welche unmittelbar mit der Flüssigkeit in Berührung kamen, so, daß demnach das Aufsaugen nur nach den Längengefäßen des Baumes stattfindet.

3) Bei einer einzigen 14 Schuh hohen Fichte hat die Flüssigkeit den Gipfel des Baumes erreicht und ist in die Äste eingedrungen, immer aber nur im Splinte. Junge Bäume saugen die Flüssigkeit immer leichter und vollständiger auf.

4) Die größte Höhe hat sie bei einem durch 6 Löcher angebohrten Baum erreicht, worin sie binnen 12 Tagen bis zur Höhe von 70 Fuß hinaufstieg.

5) Die Tränkung der liegenden Stämme ist sehr unvollkommen erfolgt.

6) Bei der Einseihung der Flüssigkeit in aufrecht stehende Stammstücke hat sie auch nur den Splint durchdrungen und bei dem aufgerichteten Stammende nur in dem der Rinde zunächst befindlichen Splinte, dagegen, wenn das schwächere Ende nach Oben stand, mehr die dem Kerne nahe liegenden Jahresringe des Splintes. Die Versuche haben außerdem ergeben, daß die Arbeit bei dem stehenden Holze zu schwierig und kostbar sein würde, um sie im Großen auszuführen, dagegen aber das Infiltriren der Flüssigkeit, welches nach der Anfuhr des Holzes auf den Werken stattfinden kann, wenn es überhaupt vortheilhaft erscheint, ausführbar sein würde. Dieses letztere soll daher fortgesetzt werden und es werden zugleich Versuche über den Einfluß der Infiltration der verschiedenen Flüssigkeiten auf die Dauer der Hölzer angestellt werden.

Mittel gegen den Holzschwamm.

Ist an einem Orte der Holzschwamm entstanden, so wäre es das sicherste Mittel, die angesteckten Holzstücke sogleich von den übrigen zu entfernen. Wo dies nicht angeht, werden die vom Schwamm ergriffenen

Stellen häufig mit einer Auflösung von einem Theile Eisenvitriol in sechs Theilen Wasser bestrichen, nachdem der Schwamm zuvor durch Bürsten und Abtrocknen von der Oberfläche weggebracht worden ist [1]).

Leube will durch mehrere Zoll hohes Bestreuen des ergriffenen Holzes mit hydraulischem Kalk den Holzschwamm vollständig vertilgt haben, so daß er auch nach 7 Jahren keine Spuren mehr davon bemerken konnte, obgleich vorher Sublimat, Eisenvitriol, Alaun, Holztheer und Kohlenpulver erfolglos angewendet worden waren.

Erhöhung der Härte des Holzes bei der Conservation.

Das holzessigsaure Eisen bewahrt, wie schon oben angegeben wurde, das Holz nicht nur vor jedem Verderben desselben, sondern es gibt demselben auch, indem es die Holzfaser zusammenzieht und zugleich durch die Austreibung des Wassers einen beträchtlichen Grad von Härte, wenigstens das Doppelte von seiner Härte im natürlichen Zustande.

Erhöhung der Elasticität.

Biegsamkeit und Geschmeidigkeit des Holzes sind oftmals sehr gesuchte Eigenschaften, wie beim Schiffsbau und namentlich für die Masten. Gewöhnlich steht die Elasticität in geradem Verhältnisse zu seinem natürlichen Feuchtigkeitsgehalte und nimmt daher mit dem Austrocknen ab. Tränkt man daher das Holz zur Conservation mit hygroskopischen Salzen, wie Chlorcalcium oder Chlormagnesium, so verhindern diese das Austrocknen des Holzes, indem sie das einmal aus der Luft angezogene Wasser hartnäckig zurückhalten. Am besten eignet sich hierzu vermöge ihrer Billigkeit die Mutterlauge der Salinen als reichhaltig an Chlormagnesium. Je nach der Concentration der Salzlösung kann man die Elasticität beliebig erhöhen. Über zollbicke Breter konnten nach dem Tränken mit concentrirter Chlorcalciumlösung schraubenartig gedreht werden, ohne zu zerbrechen, und nahmen jedesmal ihre vorige Lage wieder ein und behielten diese Eigenschaft noch nach Jahren unverändert bei. $\frac{1}{5}$ holzessigsaures Eisen zugesetzt, mindert zwar die Elasticität etwas, allein das Holz conservirt sich besser, als mit den zerfließlichen Salzen allein.

Verhinderung der abwechselnden Ausdehnung und Zusammenziehung des Holzes bei der Conservation.

Diese Salze befreien auch das Holz von der lästigen Eigenschaft, zu schwinden und auch nach vollständigem Austrocknen bei zunehmender Luftfeuchtigkeit sich auszudehnen und bei erfolgendem Austrocknen wieder zusammenzuziehen, indem es ihm für jeden Feuchtigkeitsgrad der Luft so ziemlich gleichmäßig $\frac{1}{3}$ seines natürlichen Wassergehaltes erhält.

Vgl. auch den Aufsatz über Holzconservation in Hülße und Stöckhardt's polytech. Centralblatt. Chemnitz 1847. S. 115—118 aus dem Bulletin du musée. 1846. 3. Livr. S. 55 und Beck in den ökon. Neuigkeiten und Verhandlungen von Hlubek in Gratz. 1847. S. 361—366.

---

1) Vgl. auch den Allgem. Anzeiger der Deutschen. 1846. Nr. 175 oder Artus' Jahrbuch f. ökonom. Chemie. Jahrg. 1. 1847. S. 105.

Tabellarische Übersicht der bis zum Jahre 1846 in Vorschlag gebrachten Holzconservirungsmethoden. Von A. Stöckhardt.

Nr.	Jahr	Erfinder	Conservirende Substanz	Manipulationen.
1	1657	Glauber	Holztheer und Holzessig . . .	Das Holz wird über Feuer verkohlt und dann mit Holztheer bestrichen oder in Holzessig eingeweicht.
2	1740	?	. . . .	Dämpfen des Holzes.
3	1798	Volmeister	Kochsalzlösung	Bestreichen und Einweichen.
4	1806	Perkins	Kochsalz	Ausfüllen der Zwischenräume bei Holzconstructionen mit trockenem Kochsalz.
5	1815	Bowden	Seewasser	Durch mehrwöchentliches Versenken des Holzes ins Meer.
6	1820	Pasley	Unzersetzbare Flüssigkeiten, z. B. Säuren (?).	Das Holz wird zuvor mit Wasser ausgekocht und sodann in die unzersetzbare Flüssigkeit gelegt.
7	1821	Knowles und Davy	Quecksilberchlorid	Durch Einweichen.
8	1821	Dinsdale	Holztheer, dem man zuvor seine Essigsäure entzogen hat.	Durch öfteres Bestreichen oder Einweichen.
9	1822	Prechtl	Theerdampf	Das Holz wird gedämpft, zuerst mit Wasserdampf allein, dann mit dem Dampfe von einer Mischung aus Wasser und Theer.
10	1823	Oxford	Theeröl, welches zuvor einer Behandlung mit Chlorgas unterlegen hat.	Durch wiederholtes Bestreichen.
11	1826	Cox	Ein Gemenge von Thran, Harz und Schwefel.	Tränken des Holzes durch Bestreichen und Einreiben.
12	1826	Langton	. . . .	Durch Auspumpen der Luft aus dem erwärmten Holze.
13	1826	Newmarch	Ein Gemenge von Leinöl mit Kupfervitriol, Grünspan, Arsenik oder Alaun.	Durch 3- bis 4stündiges Einkochen.
14	1828	Gossier	Salzlösungen, welche sich gegenseitig zersetzen und eine unlösliche Verbindung im Holze zurücklassen, z. B. a) Chlorcalcium; b) Glaubersalz, Eisenvitriol oder arseniksaures Natron.	Durch abwechselndes Einweichen in den Lösungen der gedachten Salze.
15	1829	Carey	Ein Gemenge von Kochsalz, Kohlenpulver und Thran oder Öl.	Das Holz wird ausgehöhlt, die Höhlung mit der erwähnten Masse ausgefüllt und wieder verschlossen.
16	1831	Bréant	Ölige und harzige Stoffe oder Lösungen von beliebigen Salzen.	Das Holz wird in einem stehenden eisernen Cylinder, entweder so wie es ist, oder nach vorgängiger Entfernung der Luft mit den Flüssigkeiten unter Anwendung von Druckpumpen getränkt. Die Evacuation erfolgt durch einen zweiten mit dem ersten verbundenen großen Cylinder, in welchen man Dampf einströmen läßt, den man nachher durch Einspritzen von Wasser condensirt, wodurch derselbe als Saugpumpe wirkt.
17	1832	?	Rauch	Das Holz wird längere Zeit dem Rauche von langsam verglimmendem grünen Holze ausgesetzt.
18	1832	Kyan	Quecksilberchloridlösung . . .	Durch Einweichen, späterhin auch durch Einpressen.
19	1832	? (desgl. Chevallier 1836)	Theer und eine Abkochung von Tabakstielen.	Durch Bestreichen oder Einweichen.
20	1833	?	Eine Lösung von Harz in Fischthran.	Durch öfteres Bestreichen und Einreiben.
21	1833	?	Eine Lösung von Kautschuk in fetten Oelen.	Desgleichen.
22	1834	Strüzki und Gew.-Verein zu Berlin	Eisenvitriollösung (oder Umgeben des Holzes mit Schwefelkies).	Durch wiederholtes Bestreichen.
23	1835	Monteith	Kalkwasser	Durch Einweichen.
24	1835	?	Eine Lösung von Harz in Terpentinöl.	Durch Einreiben der heißen Lösung.
25	1835	Moll	Dämpfe von Eupion u. Kreosot.	Durch Dämpfen in einem geschlossenen und erhitzten Raume.
26	?	?	Concentrirte Schwefelsäure . .	Bestreichen damit, um das Holz oberflächlich zu verkohlen.
27	1837	Flocton	Holztheeröl u. essigsaures Eisen.	Durch Einweichen.
28	1837	Granville	Salzsoole	Desgleichen.
29	1837	Letellier	Quecksilberchlorid u. Leimwasser	Das Holz wird in der Sublimatlösung geweicht, getrocknet und hierauf in heißes Leimwasser gelegt.
30	1837	Gotthilf	Harzige Lösungen, z. B. Theer und Terpentinöl, mit Zusatz von Kochsalz.	Durch 1—2stündiges Einlegen in die bis auf 135—207° C. erhitzte Lösung mit oder ohne Anwendung von Saug- und Druckpumpen.
31	1837	Margary	Kupfervitriol- oder Grünspanlösung.	Das Holz wird zuvor getrocknet und dann in die Kupferlösung gelegt.

Nr.	Jahr	Erfinder	Conservirende Substanz	Manipulationen.
32	1837	Durch das Annaberger Gewerbebl.	Wasserglas und Salzsäure . .	Das Holz soll 30 Tage lang in der Wasserglaslösung geweicht, dann in durch Salzsäure angesäuertes Wasser gelegt und zuletzt abgespült, getrocknet und mit Oel abgerieben werden.
33	1838	Kreffy	Salze, die sich gegenseitig zersetzen, z. B. a) Zinnchlorid oder Chlorkupfer; b) Soda oder Kalkwasser.	Durch abwechselndes Weichen in den gedachten Flüssigkeiten.
34	1838	Burnett	Zinkchloridlösung	Durch 10—20tägiges Einweichen.
35	1838	Bethell	Bituminöse, kreosothaltige Flüssigkeiten, z. B. Theeröl, holzsaures Eisen 2c., welche vorher von Ammoniak befreit werden.	Auspumpen der Luft und Einpressen der Flüssigkeiten unter Anwendung von starkem Druck.
36	1839	Boucherie (desgl. Uzielli)	Holzsaures Eisen, Holzessig, Salzmutterlauge, salzsaurer Kalk, Kupfervitriol, Quecksilberchlorid 2c.	Die Flüssigkeit soll entweder durch das natürliche Aufsaugungsvermögen der lebenden Bäume aufgenommen oder durch Infiltration dem bereits geschlagenen, aber noch frischen Holze einverleibt werden.
37	1840	Flesselle	Stoffe, welche sich gegenseitig zersetzen, z. B. Wasserglas, und nachher verdünnte Schwefelsäure, oder Alaunlösung und nachher Pottaschelösung.	Das Holz wird zuerst in einem eisernen Cylinder gedämpft, worauf man Alaunlösung 2c. in den Cylinder treten läßt, welche man eine Zeit lang durch Dampf im Kochen erhält; dann ersetzt man die Alaunbrühe durch eine Lösung von Pottasche.
38	1840	Münzing	Schwefelsaures oder salzsaures Manganoxydul (Rückstand v. der Chlorbereitung).	Durch Einlegen in die Lösung.
39	1841	Pons	Eine Lösung von salpetersaurem Eisen, Salpeter, Alaun und Blutlaugensalz (!).	Desgleichen.
40	1841	Payne	Salze, welche sich gegenseitig zerlegen, z. B. Eisenvitriol und Chlorcalcium, Eisenvitriol und Pottasche, Alaun und Pottasche 2c.	Das Holz kommt in ein Gefäß, welches luftleer gepumpt und dann mit der ersten Salzlösung angefüllt wird, deren Eindringen ins Holz noch durch Druck befördert wird; ebenso wird, nach Entfernung der ersten, die zweite Salzlösung eingepreßt. In einigen Fällen ist es nöthig, das Holz zwischen dem Tränken mit den zweierlei Flüssigkeiten ganz oder theilweise zu trocknen.
41	1842	Timperly	Quecksilberchlorid, wie Kyan.	Durch Einweichen.
42	1843	Parkes (desgl. Passez 1845)	Kautschuk gelöst in Schwefelkohlenstoff oder Eupion.	Durch Anstreichen oder Imprägniren.
43	1843	Earle	Eine Lösung von Eisen- und Kupfervitriol.	Durch Einweichen.
44	1844	Buchner (v. Reichenbach)	Wasserglas und Eisenvitriol.	Das Holz wird zuerst gedämpft, dann mit Eisenvitriollösung und zuletzt mit Wasserglaslösung gebeizt.
45	1845	Ransome (desgl. Newton 2c.)	Eine durch Kochen erhaltene Auflösung von Kieselerde in Aetznatronlauge (Wasserglas), die später durch irgend eine Säure zersetzt wird.	Nachdem die Luft aus den Holzporen herausgezogen, soll die Wasserglasflüssigkeit in dieselben hinein gepreßt werden; zuletzt wird das Holz einige Zeit in eine saure Flüssigkeit gelegt.
46	1846	Bengat und Banner	Eine schwefelsaure oder salzsaure Kupferlösung, die später durch salzsauren Baryt zerlegt wird.	Die Imprägnation erfolgt nach der Payne'schen Methode (Nr. 40).
47	1846	Payne	Auflösliche Schwefelmetalle (Schwefelcalcium od. Schwefelbaryum), welche nachher durch eine Säure oder ein Metallsalz (Eisenvitriol 2c.) zersetzt werden.	Die Luft wird erst durch Wasserdampf aus dem Holze verdrängt, worauf die sich gegenseitig zersetzenden Lösungen, wie bei Nr. 40, in das letztere eingepreßt werden, so daß sich darin Schwefel oder ein unlösliches Schwefelmetall und Gyps ablagert.

Die Kohlenbrennerei.

Zweck der Kohlenbrennerei.

Man unterscheidet, wie schon früher gezeigt wurde, bei der Verbrennung des Holzes eine doppelte Quelle der Wärmeentwickelung. Die Gasarten, welche im Beginne der Verbrennung entweichen, erzeugen durch ihre Verbrennung eine schneller vorübergehende, aber auch noch auf eine gewisse Entfernung sehr intensiv wirkende Hitze, die nach der Beendigung der Gasentwickelung zurückbleibende Kohle eine mehr anhaltende, weniger in die Ferne, aber kräftiger auf nahe befindliche Gegenstände wirkende Hitze.

Unter gewissen Verhältnissen kann sich eine Verwandlung des Holzes in Kohle, obgleich die Hitze des Flammfeuers dabei ganz verloren geht, als zweckmäßig erweisen. Dieser Fall tritt ein bei Heizungen, womit entweder eine Reduction, oder doch wenigstens keine Oxydation der zu erhitzenden Gegenstände verbunden werden soll, wie bei der Darstellung der Metalle aus ihren Erzen, beim Glühen und Schmelzen der Metalle, namentlich beim Schmieden des Eisens und Kupfers, dann überhaupt immer, wo man mit einer kleinen Masse von Brennmaterial einen hohen Hitzgrad in einem beschränkten Raume, nicht sowohl, wie beim Flammfeuer vorzugsweise nach Oben, sondern gleichförmiger nach allen Richtungen hervorzubringen beabsichtigt, wo es sich ferner wegen Erleichterung des Transports um möglichste Verringerung des Gewichts und Volums bei dem zu verwendenden Brennmateriale handelt.

Die Darstellung der Holzkohle wird daher aus letzterem Grunde gleich an dem Orte der Erzeugung des Holzes vorgenommen und bildet deshalb einen unter unmittelbarer Leitung des Forstmannes stehenden Gewerbszweig.

Abnahme des Holzgewichts und Volums beim Verkohlen.

Was die Verminderung des **Volums** und **Gewichts** beim Holze betrifft, so erhalten nach Hartig geschickte Köhler aus 100 Kubikfuß oder 3906 Pfund dürrem Buchenholz 30 Kubikfuß oder 840 Pfund Kohlen, und aus 100 Kubikfuß oder 3600 Pfund dürrem Kieferholz 34 Kubikfuß oder 578 Pfund Kohlen. Das Buchenholz verliert also fast $^4/_5$ am Gewichte und $^7/_{10}$ am Volum, das Nadelholz $^5/_6$ am Gewichte und $^2/_3$ am Volum, wenn man letzteres sowohl beim Holze, als bei der Kohle ohne leere Zwischenräume annimmt. Nach Hundeshagen ergeben die Kohlen im Allgemeinen 30, 40—50 Volumprocente des angewendeten Holzes.

Quantität und Qualität der Kohle sind verschieden nach der Art der Verkohlung.

Die **Quantität** ist übrigens sowohl als die **Qualität** verschieden nach dem vollkommenen oder theilweisen Luftabschlusse und nach der rascheren oder langsameren Einwirkung der Hitze.

In völlig verschlossenen Gefäßen liefert dasselbe Holz 82 Raum- und 23 Gewichtsprocente einer leichten, lockeren Kohle, welches bei theilweisem Luftzutritte 61—65 Raum- und 24 Gewichtsprocente einer weit dichteren (schweren) Kohle liefert, weil sich nämlich im ersteren Falle der Wasserstoff des Holzes mit einem Antheile Kohlenstoff zu Leucht- oder Grubengas verbindet und damit entweicht, in letzterem Falle aber mit dem Sauerstoff der zutretenden Luft zu Wasser verbrennt, wodurch zwar ein Theil des Kohlenstoffs mit verbrennt, ein größerer dagegen, der sonst verflüchtigt

worden wäre, zurückbleibt. Erhält dagegen die Luft einen völlig freien Zutritt, so erhält man beim Erlöschen des brennenden Holzes eine Kohle, welche noch weit leichter und schwammiger ist, als die in völlig verschlossenen Gefäßen erhaltene, weil hier der mit dem Sauerstoff der Luft verbrannte Kohlenstoff weit mehr beträgt, als der, welcher sich in verschlossenen Gefäßen mit dem Wasserstoff verbindet.

Auch das schnelle oder langsame Steigern der Hitze übt einen entschiedenen Einfluß auf die Größe der Kohlenausbeute. Die meiste Kohle wird bei langsam gesteigerter Hitze gewonnen, weil dann das nicht chemisch gebundene Wasser des Holzes (etwa 25% des lufttrockenen Holzes) früher entweicht, als irgend ein Theil der Masse ins Glühen kommt. Trifft dagegen das Wassergas von einem später von der Hitze erreichten Theile des Holzes mit einem bereits glühenden Theile der Masse zusammen, so entsteht Wasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd. Es wird also bei einer raschen und demnach weniger gleichmäßigen Einwirkung der Hitze eine nicht unbeträchtliche Menge von Kohlenstoff entführt, so daß man auf solche Weise nur 12—17% an Kohle gewinnt, während sich bei langsamer Verkohlung eine Ausbeute von 24—28% ergibt. Übrigens wird die Kohle um so dichter, einer je höheren Temperatur sie beim Verkohlen ausgesetzt war. (Die Tabellen über die Brennkraft der Kohle und die Kohlenausbeute s. unten).

Die Ausbeute an Kohle beträgt fast nur die Hälfte des Kohlenstoffs im Holze.

Das Holz, welches alles seines Wassers beraubt ist, enthält ziemlich gleiche Mengen, nämlich 52 Gewichtsprocente Kohlenstoff, welche Gleichförmigkeit nur etwas durch das verschiedene Verhältniß der in den Holzgefäßen befindlichen Saftsubstanz gestört wird. Danach müßten 100 Gewichtstheile Holz mit dem durchschnittlichen Wassergehalte von 25% gegen 40 Gewichtstheile Kohle geben, was aber nie der Fall ist. Gewöhnlich ist die Ausbeute nur 25, zuweilen noch unter 20%. Dies beruht auf dem Umstande, daß ein Theil des Holzes ganz verbrennt, um die zur Verkohlung nöthige Hitze zu erzeugen, und weil nicht aller Sauerstoff und Wasserstoff des Holzes als Wasser, sondern auch in Verbindung mit Kohlenstoff abgeschieden wird, zum Theil als die oben erwähnten Gasarten, zum Theil als Holzessig, Theer 2c.

Quantität und Qualität der Kohle sind verschieden nach der Art des Holzes.

Ungeachtet der ziemlich gleichen chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Holzarten hat dennoch die Erfahrung gelehrt, daß die Kohlen ebenso verschiedene Hitzkraft besitzen, als das Holz, woraus sie gebrannt werden, was vorzugsweise auf dem verschiedenen Gefüge des Holzes zu beruhen scheint. Festes Holz gibt daher im Allgemeinen eine bessere (dichtere) Kohle, als weiches. Weniger scheint der **Standort** des Holzes auf die Güte der Kohle zu influiren, desto mehr aber das **Alter** und der **Trockenheitsgrad** desselben. Beim Laubholze liefert das mittelwüchsige, beim Nadelholze das ältere die stärkste Hitze. Außer der Saftzeit gefälltes Holz gibt mehr Hitze und bessere Kohlen, als im Safte gehauenes. Übrigens taugt ganz frisches so wenig, als ganz dürres Holz zur Verkohlung. Zu viel Wasser nimmt zu viel Wärme für seine Verdunstung in Anspruch,

die Verkohlung erfolgt daher zum Theil nur unvollständig. Bei zu wenig Wasser geschieht dagegen die Erhitzung zu rasch und demnach ungleichmäßig, man erhält deswegen durch die Wirkung der Wasserdämpfe auf schon glühende Theile eine leichte Kohle. Frisch geschlagenes Holz gibt eben deshalb mehr Kohle, als ganz dürres, allein seine Verkohlung erfordert sehr große Vorsicht, wenn der durch größere Ausbeute erzielte Vortheil nicht durch die geringe Qualität der Kohle verloren gehen soll. Nach Duhamel soll das Holz nicht länger als 2 Monate auf dem Gehaue stehen bleiben, bevor man es zur Verkohlung verwendet. Anbrüchiges oder gar faules, so wie durch Flößen ausgelaugtes Holz liefert schlechte oder ganz unbrauchbare Kohle.

Übrigens eignen sich zur Verkohlung mit Ausnahme des schwächeren Reißigs alle Gattungen und Sorten von Holz wie zum Verbrennen an offenem Feuer; ja viele derselben, die dem letzteren Zwecke weniger angemessen sind, liefern noch sehr viele und gute Kohlen.

Die Form des zu verkohlenden Holzes.

Eine Berücksichtigung verdient jedoch auch die **Form** des zu verkohlenden Holzes. Alle Kloben oder Scheite erhalten, damit sie sich bequem aneinander reihen lassen, eine gleiche Länge. Man wählt dazu eine möglichst große, nicht unter 3, aber auch nicht über 6 Fuß lang. Über 6 Zoll dickes Holz muß noch einmal gespalten werden, weil sonst die zur Verkohlung erforderliche Hitze nicht bis ins Innere dringen würde. Von dem geringen, nicht spaltigen Holze dagegen können selbst alle Stücke, die 1 Zoll im Durchmesser haben, verkohlt werden. Astholz dient, weil es gewöhnlich krumm ist, nur zum Ausfüllen der Zwischenräume.

Passende Jahreszeit zur Holzverkohlung.

Die günstige **Jahreszeit** zur Holzverkohlung ist im Allgemeinen von Anfang oder Mitte Mai bis Ende September, weil früher und später die Luft zu feucht, die Nächte zu lang und die Witterung zu stürmisch ist. Doch auch bei allzu trockener Sommerzeit ist die Verkohlung weniger vortheilhaft. Am allerungünstigsten aber ist der Erfolg, wenn man unmittelbar nach dem Abgange des Schnees Holz verkohlt. Man erleidet nach Hartig's Beobachtung einen Verlust von $\frac{1}{4}$ der Kohlenmasse bei einer solchen Verkohlung auf feuchtem Boden, etwas weniger bei trockenem Holze. In moorigen und sumpfigen Gegenden müssen indessen ohne Wahl die Wintermonate zur Verkohlung benutzt werden. Sonst wählt man am besten bei Laubholz die ersten Frühlingsmonate, bei Erlen und Birken, damit die Wurzeln wieder Schößlinge treiben können, bei Eichen, um die Rinde für Gerbereien zu gewinnen. Auch bei Nadelholz zieht man die Wintermonate vor, ehe der Saft in die Bäume tritt, um das Stocken zu vermeiden.

Auswahl des Ortes zum Kohlenbrennen.

Auch der **Ort**, wo eine Kohlenbrennerei betrieben werden soll, ist nicht gleichgiltig. Es lassen sich hierüber folgende Regeln aufstellen:

1) Am meisten sind jene Plätze vorzuziehen, wo man möglichst viel Holz auf einer Stelle verkohlen und das Holz bequem beischaffen kann.

2) Nächstdem sei die Stelle möglichst nahe an einer Schneiße, Stellweg oder Allee, oder am Saum des Walddistriktes, so daß man bequem dazu fahren kann.

3) Man legt die Kohlenstätte nicht in einer Tiefe an, wo sich Regenwasser sammelt, weil sonst bei entstehendem Regen der untere Theil des Kohlenhaufens in Wasser gesetzt wird und entweder ganz verlöscht, oder doch viele Brände (halb verkohlte Stücke) liefert. Ebensowenig wählt man aber eine Anhöhe, weil dort der Luftzug zu stark wäre, wodurch nicht allein die Arbeit der Köhler vermehrt wird, sondern auch ein Theil der Kohlen in Flammen ausbrechen und daher verbrennen würde. Am besten eignet sich demnach ein Platz in einer Ebene, welcher sich etwas Weniges erhebt und dabei von einem Berge oder einem dichten Walddistrikte geschützt ist.

4) Der Boden soll weder feucht, noch zu bindend, oder zu locker, oder steinig, oder gar einer Überschwemmung ausgesetzt sein. Der beste Waldboden ist auch gewöhnlich der vortheilhafteste zur Köhlerei, weil er nicht zu viel (wie z. B. der Sandboden) und nicht zu wenig Luft durchläßt, nicht festbrennt und die aus dem Holze fließende Feuchtigkeit leicht aufnimmt.

5) Zweckmäßig ist es endlich auch, wenn Wasser in der Nähe oder nicht zu weit entfernt ist, theils, um es bei möglichen Unglücksfällen schnell bei der Hand zu haben, theils die Zeit zur Herbeischaffung dieses immer nöthigen Materials zu sparen.

Besonders vortheilhaft ist es natürlich, alte Meilerstätten wieder aufzusuchen, weil diese weniger Zubereitung erfordern, als neu anzulegende, in der Regel schon das zur Decke des Meilers hinreichende Gestübe liefern, und der Verlust bei den ersten Verkohlungen hier nicht halb so groß ist, als bei neuen Stätten.

Die verschiedenen Arten der Verkohlung.

Die Verkohlung des Holzes im Großen geschieht entweder in **Öfen**, innerhalb gemauerter oder aus Eisen gefertigter verschlossener Räume, in denen das Holz erhitzt wird, wo nämlich der Gewinn an Holzsäure und Theer die Verkohlungskosten aufwiegt und wo dieselben als Hauptprodukte betrachtet werden, oder unter **beweglichen Decken**, nämlich von Reisig, Rasen, Laub, Moos, Erde und feuchter Kohlenlösche, wo also die Luft einen, jedoch beschränkten, Zutritt hat, wenn es darauf ankommt, die Verkohlung mit den geringsten Kosten, dem geringsten Holzverbrauche zu bewirken, und wo die Gewinnung der Kohle den Hauptzweck bildet, da man die erwähnten flüssigen Produkte nur theilweise dabei auffangen kann. Man erhält hier bei langsamer, vorsichtiger Verkohlung eine ebenso große Ausbeute, als in den Öfen bei völlig abgehaltener Luft. Entschiedene Vorzüge besitzt aber die Verkohlung unter beweglichen Decken vor der Verkohlung in Öfen, wo erstere durch den Zutritt der Luft bewirkt wird, weil die hohlen Räume, welche durchs Schwinden des Holzes beim Verkohlen entstehen, durch die bewegliche Decke weniger nachtheilig werden. Die Verkohlung des Holzes unter beweglichen Decken ist entweder eine Verkohlung in **Meilern** oder in **Haufen**.

Verkohlung in Meilern.

Bei dem ersteren Verfahren werden die Holzstücke oder Scheite **horizontal** neben und aufeinander, oder fast **vertical** mit einer Neigung

gegen den Horizont, in einer oder mehreren Schichten aufgestellt. So aufgeschichtete Holzstöße von der Form eines abgerundeten Kegels heißen **Meiler**, und zwar die von der ersteren Construction **liegende**, die von der letzteren aber **stehende** Meiler. Die Behandlungsart beim Verkohlen ist übrigens bei beiden dieselbe.

Zurichtung der Meilerstätte.

Nachdem man sich einen passenden Platz zum Verkohlen ausgesucht hat, wird die Stätte für beide Arten von Meilern auf folgende Weise zubereitet:

Man ebnet und entblößt eine Stelle von Rasen, deren Größe sich nach der Größe des zu erbauenden Meilers richtet, so daß noch ein drei Fuß breiter Gang rund um den Meiler bleibt. Für einen Meiler von 18 Fuß müßte demnach diese Stelle 24 Fuß Durchmesser haben. Die Figur derselben muß kreisförmig und ihre Oberfläche vollkommen horizontal sein. Ist der Boden so abhängig, daß man darauf keine horizontale Ebene von verlangtem Durchmesser antrifft, so muß die Meilerstelle größtentheils in den Berg gegraben und der übrige Theil verbrückt werden. Eine solche Verbrückung besteht aus einem Gerüste von Pfosten und dicht zusammengerückten Balken, die 1½ bis 2 Fuß hoch bedeckt werden. Doch ist unter solchen Umständen wegen des ungleichen Luftzuges immer große Aufmerksamkeit erforderlich, und das Ergebniß gewöhnlich weniger günstig; Man legt deshalb auch nur im Nothfall dergleichen Kohlenplätze an. Ein nasser Grund erfordert die Legung eines Rostes von Ästen mit Erde bedeckt.

Alle Meilerstätten, welche auf einem nur einigermaßen feuchten Boden angelegt werden, läßt man, bevor man darauf verkohlt, einige Zeit zugerichtet liegen, am besten vom Herbst bis zum Frühjahre. Man gewahrt dann leicht die Punkte, welche sich mehr gesetzt haben, wo also der Luftzug scharf ist, und kann sie leicht verbessern.

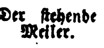
Man schlägt nun in die Mitte des Platzes einen Pfahl, **Quandelpfahl**, und zeichnet vermittelst einer daran gebundenen Schnur, oder einer daran gehaltenen Stange die Rundung ab, und läßt nun den Boden von der Peripherie nach dem Quandelpfahle so viel steigen, daß dieses Steigen, nach Verhältniß der Größe der Meilerstelle, am Quandelpfahle etwa 8 bis 14 Zoll beträgt, damit die unteren Theile der Holzstücke nicht ganz platt auf dem Boden stehen, also leichter verkohlen und damit die aus dem Holze schwitzenden Feuchtigkeiten leichter abfließen, als wenn die Meilerstelle ganz eben ist.

Errichtung des Meilers.

Hierauf schreitet man zur **Errichtung des Meilers** selbst, wobei man zu unterscheiden hat, ob der Meiler von Oben oder von Unten angezündet werden soll.

Im ersteren Falle richtet man an der Stelle des Quandelpfahls eine 12 Fuß lange Stange, den **Quandel** oder die **Quandelstange** senkrecht auf. Diese Stange umbindet man mittelst mehrerer Weiden mit trockenem Ast- und Reiserholz, so daß das Ganze einer aufrecht stehenden 12 Zoll dicken Faschine gleich sieht. Oder man steckt 3 oder 4 solcher Stangen

10 bis 12 Zoll von einander entfernt, . . in der Mitte der Meilerstelle ein, verbindet sie mit Weiden und füllt den Zwischenraum mit dürren Holzstücken oder Bränden aus.


Der stehende Meiler.

Um den auf die eine oder andere Weise aufgerichteten Quandel wird nun beim **stehenden Meiler** das zuvor schon nach seiner Stärke sortirte Holz auf folgende Art gereiht: Man stellt dem Quandel zunächst etwas dünn gerissenes Scheitholz, die Rinde nach Außen gekehrt, so nahe aneinander und so senkrecht als möglich. Denn je mehr senkrecht die Scheite gestellt werden können, desto weniger bleiben Zwischenräume, die den Zutritt der Luft erleichtern und dadurch die äußersten Scheite, welche die Decke tragen, abkühlen. Dies ist indessen oft nicht ausführbar, weil die bewegliche Decke auf den fast senkrechten Scheiten nicht ruhen würde. Je lockerer und beweglicher daher letztere ist, eine desto stärkere Neigung gegen die Mitte muß dem Holze gegeben werden. Hat man daher Kohlenlösche zur Decke, die weniger geneigt ist, herabzurollen, so kann das Holz mehr

Fig. 106.

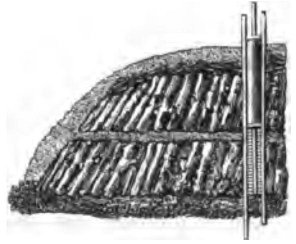
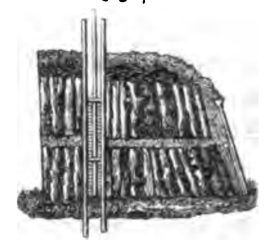
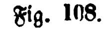


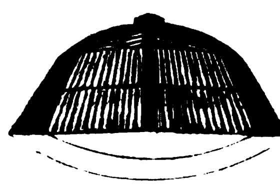
Fig. 107.



senkrecht, wie in Fig. 106, hat man aber nur sandiges Erdreich, so muß es mehr geneigt, wie in Fig. 107 gestellt werden. Die Zwischenräume werden mit kurz gehauenen Stücken ausgefüllt.

Hat der entstehende Meiler einen Durchmesser von etwa 4 Fuß erreicht, so stellt man das dickste Holz in gleicher Vertheilung herum, läßt dann dünnere Scheite folgen, und bringt in den Umkreis das kleinste oder Prügelholz unter steter Ausfüllung der Zwischenräume mit kurzem Holze. Auf die unterste Schichte folgt nun in derselben Weise die zweite, und je nach der Größe des Meilers auch noch eine dritte. Die oberste Schichte oder die **Haube** wird durch horizontal aufgelegte dünne Scheite oder Prügel abgerundet, wie Fig. 108 in *aa* zeigt. Die dicksten Scheite kommen bei einem dreischichtigen Meiler in die mittlere Schichte, die Kernseite des Holzes stets nach der Mitte gerichtet. Der Meiler ist nun bis zur Bedeckung fertig.


Fig. 108.



Die Größe des Meilers.

Die **Größe** des Meilers ist, wie erwähnt, verschieden, die kleinsten bestehen aus einer, größere aus zwei und die größten aus drei Schichten. Es ist danach auch die Größe des Durchmessers des Meilers, welche die Zahl der hinter einander aufzustellenden Reihen der Scheite bedingt und ebenso die Länge der Scheite verschieden. Über die zweckmäßigste Größe

der Meiler sind die Ansichten getheilt. Früher errichtete man durchschnittlich sehr große Meiler. In neuerer Zeit gibt man mehr den kleineren den Vorzug.

Vorzüge der großen Meiler.

Im Allgemeinen haben große Meiler von 3000 bis 5000 Kubikfuß Holzmasse vor kleineren von 800 bis 1600 Kubikfuß folgende Vorzüge:

1) Man gewinnt durch große Meiler, wo sehr viel Holz verkohlt wird, an Zeit, während sie nicht bedeutend größere Sorgfalt und Wartung bedürfen, als kleine. Auch ist bei großen die Beaufsichtigung weniger getheilt.

2) Wo es an Material zur Decke fehlt, erfordern größere Meiler verhältnißmäßig weniger desselben als kleine.

3) Sie erleiden bei ihrer verhältnißmäßig kleineren Oberfläche weniger Wärmeverlust. Man erhält daher weniger Brände und braucht weniger Füllung.

4) Gestatten sie der Luft weniger Zutritt.

5) Erhält man dabei weniger kleine oder Quandelkohlen, als bei kleinen Meilern.

Vorzüge der kleinen Meiler.

Kleine Meiler gewähren dagegen folgende Vortheile.

1) Reicht weniger Boden zur Meilerstätte hin.

2) Sie eignen sich besonders für gebirgige Gegenden, wo große Meiler selten gut anzubringen sind.

3) Aus Stöcken lassen sich nicht leicht große Meiler errichten.

4) In großen Meilern läuft das Feuer zuweilen um den Meiler herum und läßt in der Mitte das Holz unverkohlt.

5) Große Meiler vermehren den Luftzug wegen mehr als zwei Schichten.

6) Bei kleinen Meilern ist eher auf beständige Witterung auf die Dauer der Verkohlung zu rechnen.

7) Bei großen Meilern müssen die Kohlen zu lange im Feuer stehen und verlieren dadurch an Hitzkraft.

8) Ist nicht jeder Köhler geschickt genug, in einem sehr großen Meiler das Feuer in der erforderlichen Ordnung zu regiren, und der Schaden wird um so größer, wenn der Meiler verunglücken sollte.

9) Besonders nachtheilig sind große Meiler, wenn entweder ganz frisches, oder ganz trockenes Holz verkohlt werden soll, da bei kleinen Meilern das Feuer leichter zu regiren ist.

Nach Hundeshagen sind die Meiler von 1800 bis 2400 Kubikfuß Raum (einschließlich der gewöhnlichen Zwischenräume zwischen den Scheiten), für sehr dürres und frisches Holz aber die von 1200 bis 1500 Kubikfuß Raum am zweckmäßigsten befunden worden. Hartig gibt nach seinen eigenen Erfahrungen im Allgemeinen den Meilern von 1200 bis 1600 Kubikfuß den Vorzug, bei ganz frischem und dürrem Holze dagegen denen von 800 bis 1000 Kubikfuß Holzmasse.

Richtung des Meilers beim Anzünden von Unten.

Soll der Meiler von Unten angezündet werden, was jedoch ein unzweckmäßiges Verfahren ist, weil die Verkohlung des Meilers doch jeden-

falls von Oben nach Unten geschehen muß[1]), so wird beim Richten des Meilers auf derjenigen Seite, auf welcher der schwächste Wind oder Luftzug zu erwarten ist, eine Zündröhre angebracht. Man legt nämlich vom Quandel an nach der gewählten Richtung ein 6 bis 8 Zoll dickes Stück Holz auf den Boden, setzt dann die Scheite wie gewöhnlich und zieht dieses Holz in dem Maße, als der Meiler größer wird, allmälig zwischen den Scheiten hervor. Es entsteht so eine hohle Röhre, die zum Anzünden der zwischen den Quandelstangen befindlichen recht dürren und klein gehauenen Brände, Reiser und Rinden dient und daher die **Zündröhre** heißt. Im Übrigen aber wird der Meiler ebenso, wie oben angegeben, gesetzt.

Theilweise Gewinnung der flüssigen Verkohlungsprodukte in Meilern.

Um auch, wenigstens einen Theil der flüssigen Produkte der trockenen Destillation des Holzes in Meilern zu gewinnen, mauert man die Meilerstätte aus und gibt der Mauer ringsum eine geringe Neigung gegen die

Fig. 109.



Mitte, wie Fig. 109 zeigt. *a* stellt die Stätte, *b* den Kanal, *c* den Behälter vor, wodurch sich ein Theil der gebildeten Holzsäure und des Theers ansammelt und durch einen unter der Meilerstätte nach Außen führenden, engen, gemauerten Kanal nach einem Behälter abfließt, woraus man dieselbe ausschöpft. Die Öffnung des Behälters wird während der Verkohlung mit der eisernen Platte *d*, die mit Erde beschüttet wird, luftdicht geschlossen, damit keine Luft zum Meiler gelangt. Eine viereckige eiserne Platte *e* liegt über der Einmündung des Kanals, damit derselbe nicht durch hineinfallende Kohlen verstopft werde.

Man hat auch bei den gewöhnlichen Meilern das Auffammeln der Holzsäure versucht, allein es geschieht nur auf Kosten der Kohlenausbeute. Nur während des Treibens wäre die Anbringung eines Rohres in der Haube ohne Störung möglich, welches die sauren Dämpfe in Fässer leitet. Man hat auch zerfallenen Kalk als Decke angewendet, um holzessigsauren Kalk zu erzeugen. Allein in vielen Gegenden belohnt der Gewinnst die Mühe und Kosten nicht.

Deckung des Meilers.

Ist der Meiler **geschlichtet**, d. h. sind die größeren Zwischenräume von Außen mit dünneren Holzstücken ausgefüllt, so wird er, um die Verbrennung des Holzes zu verhindern, **gedeckt**. Der Köhler theilt die Bedeckung ab:

---

1) Da nämlich in den Meilern die zur Verkohlung nöthige Hitze durch eine theilweise Verbrennung, wenigstens der entwickelten Gase hervorgebracht werden muß, so muß auch, wie bei allen Heizvorrichtungen, der nöthige Luftzutritt viel leichter stattfinden, wenn sich wenigstens Anfangs, wo die Temperatur noch sehr schwach ist, eine beträchtliche Luftsäule unter dem Feuerraume befindet, als wenn letzterer unmittelbar am Boden ist.

1) in das Rauhdach und

2) in das Erddach.

Das Rauhdach wird von dünnen Rasen, Laub, Nadelholzreisern, Ginster, Moos oder Haide gemacht, das **Erddach** aus klarer Dammerde, oder mit Kohlenstaub gemengter Erde, Gestübe.

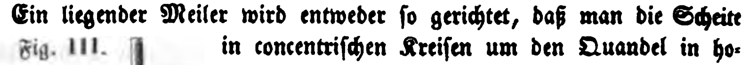
Rauhdach. Zuerst wird der Meiler von Unten bis zur Quandelöffnung, am gewöhnlichsten mit dünnen Rasenplatten, dachziegelförmig bedeckt. Soll eines von den anderen Materialien verwendet werden, so bedeckt man den Meiler 3 bis 4 Zoll dick damit. Jedenfalls aber sucht man wenigstens die Haube oder den oberen Theil des Meilers mit dünnen Rasenplatten zu belegen, und zwar dichter als den unteren Theil des Meilers. Zurückgebliebene Lücken bewirft man noch mit feuchter Erde, die man mit dem Rücken der Schaufel festschlägt. Hierzu taugt natürlich ebensowenig gefrorene, als sandige Erde, da sie beim Aufthauen und Austrocknen herabfällt.

Erddach. Ist das Rauhdach fertig, so wird nun das **Erddach** darauf gebracht. Man bewirft nämlich den ganzen Meiler mit lockerer Erde, Gemeng von Sand und fetter Erde, oder mit Dammerde. Feucht erhaltene Kohlenlösche oder Gestübe gibt die beste Decke. Man trägt dieselben 2 bis 3 Zoll dick auf, je nachdem die Beschaffenheit des Rauhdaches es erfordert und das zu verkohlende Holz mehr oder weniger Luftzug erheischt. Die Operation selbst heißt auch das **Schwarzmachen.** Zur Bedeckung der oberen Quandelöffnung wird eine große Rasenplatte aufgelegt. Der Meiler hat das Aussehen wie Fig. 110.

Fig. 110.



Hält die Erde am Fuße des Meilers für sich nicht, sondern rutscht herunter, so muß, dies zu verhindern, eine **Rüstung** gemacht werden, d. h. eine 6 Zoll von der Grundfläche entfernt ringsum laufende Umfassung von dünnen Ästen, welche horizontal auf aufrecht stehenden hölzernen Gabeln ruhen. Bei großen und steilen Meilern bringt man wohl auch noch eine zweite höher gelegene an. Die Rüstung hindert das Herabrollen des Erddaches so lange, bis der Meiler beim Verkohlen allmälig sinkt und so viel Löschung erhält, daß die Rüstung nicht mehr nöthig ist [1]).



Der liegende Meiler. Ein liegender Meiler wird entweder so gerichtet, daß man die Scheite in concentrischen Kreisen um den Quandel in horizontaler Richtung lagert und so lagenweise über einander, was aber Scheite von verschiedener Länge voraussetzt, wodurch dann ein halbkugeliger Meiler entsteht. Oder man stellt am Quandel erst einen Kern aus senkrechten Scheiten auf, um welchen herum die übrigen Scheite horizontal in

Fig. 111.



1) Über die Berechnung des kubischen Inhalts der Meiler vgl. Leinböck's Forstwirthschaft. 3. Theil. Leipzig 1831. S. 166.

concentrischen Kreisen gelegt werden, wie Fig. 111 zeigt. Holzenden, Ast- und Kohlenholz bilden die Haube.

Die **liegenden Meiler** sind außer Schlesien und Schweden wenig im Gebrauch. In letzterem Lande errichtet man sie häufig aus unaufgespaltenen Baumstücken von wenigstens 6—20 Fuß Länge. Sie haben sich in diesen Ländern als zweckmäßiger bei Verkohlung der Nadelhölzer (da nur diese bei der angegebenen Länge immer ganz gerade sind) als die stehenden Meiler bewährt, welchen Vortheil man ihnen dagegen außerdem abspricht.

Das Holz liegt bei diesen Meilern fester, als bei den stehenden, die Zwischenräume sind regelmäßiger, das Feuer kann daher gleichförmiger durch den Meiler circuliren, indem es leichter von einem Stockwerke zum andern gelangt. Es lassen sich dabei ferner die hohlen Räume besser vermeiden und die treppenartigen Absätze an der Oberfläche dienen zur sicheren Auflage der Decke. Doch erfordert auch ihre Errichtung weit mehr Mühe, als die der stehenden Meiler, wenn man nicht noch größere Zwischenräume als bei diesen haben will. Um dem Meiler die konische Form zu geben, muß das Holz nach Oben immer mehr an Länge abnehmen, weil man sonst die Cylinderform erhalten würde.

Das Anzünden des Meilers.

Das **Anzünden** des Meilers geschieht gewöhnlich des Morgens, um den ganzen Tag vor sich zu haben, weil es die größte Aufmerksamkeit erfordert, und bei größeren Meilern eine Zeit von 10—15 Stunden in Anspruch nimmt. Auch wählt man hierzu windstille Tage, weil sich sonst das Feuer leicht nach einer Seite zieht.

Um den Meiler von Oben anzuzünden, sticht man mit dem Schippen- oder Rechenstiele, oder mit einem besonderen, 1 Zoll dicken spitzigen Holze einige Reihen Zug- oder Rauchlöcher in die Haube des Meilers, welche bis auf das Holz gehen müssen, und ordnet diese Löcher, die man **Räume** nennt, so, daß sie 1 Fuß von einander entfernt sind, und der oberste oder erste Kreis einen Fuß von der Quandelöffnung absteht. Man legt nun oben auf die Quandelwelle brennende Substanzen und Kohlen, so daß auf derselben ein kleines Flammfeuer entsteht. Ist dies gehörig in Brand und das Feuer etwa 1½ Fuß tief eingedrungen, so bedeckt man die Quandelöffnung, welche nun das **Fülloch** heißt, mit dem oben erwähnten großen Rasenstücke, worauf aus allen Löchern ein dicker grauer Rauch erscheint, und der Meiler ist nun angezündet.

Um den Meiler von Unten anzuzünden, müssen die am Quandel angebrachten leicht Feuer fangenden Stoffe mittelst einer Holzfackel angezündet werden. Hier darf aber vor dem Anzünden nur die Haube des Meilers mit Gestübe beworfen werden, weil sonst das Feuer am Quandel nicht brennen würde. Hat sich aber das Feuer in die Haube gezogen, so wird der Meiler nach und nach ganz mit Gestübe bedeckt und von Oben nach Unten verkohlt.

Nach dem Anzünden bleibt der Meiler 4—6 Stunden lang verschlossen. Man nimmt dann den Deckrasen vom Fülloche, füllt den leer-

gebrannten Raum mit kleinen Holzstückchen aus und deckt den Rasen wieder darauf. Dieses **Füllen** wird, so lange sich der Meiler noch nicht beträchtlich gesenkt hat, alle 24 Stunden zweimal, nachher nur einmal und in der Folge gar nicht mehr wiederholt. Im Anfange nimmt man dazu blos Späne, nachher kurzgehauenes Prügelholz und später etwas dickere Holzstücke.

Man muß sich bemühen, ein scharfes und schnelles, den ganzen Meiler ergreifendes Auswärmfeuer zu geben, denn je länger die Wasserdämpfe durch zu schwaches Anwärmen im Meiler zurückbleiben, desto länger ist derselbe der Gefahr des Stoßens, Schlagens oder Werfens ausgesetzt. Man beugt demselben dadurch vor, daß man dem Raume unter der Rüstung nur die erste Decke gibt.

Die im Anfange entwickelten Dämpfe sind schwer und wässerig, gelblichgrau und wälzen sich nur langsam fort. Die Oberfläche des Meilers beschlägt mit Feuchtigkeit, weshalb man diese Periode des Verkohlungsprozesses das **Schwitzen, Bähen** des Meilers nennt.

Von dem schnellen und vorsichtigen **Abbähen** des Meilers hängt das Gelingen der ganzen Verkohlung ab. Je unvollkommener dasselbe erfolgt, desto mehr wird Holz verbrannt, desto länger dauert die Gefahr des **Werfens** (Explodirens), wodurch die Decke abgeworfen und auch wohl der Meiler gesprengt wird. Durch das allgemeine Schwinden des Holzes, so wie durch das Verbrennen desselben am Quandel entsteht ein Zusammensinken des Meilers, wodurch die Decke Risse bekommt. Der Köhler steigt daher auf den Meiler, wirft die Decke ab, stößt mit einer Stange das Holz zusammen, füllt den leeren Raum mit Bränden aus und trägt dann die Decke wieder auf.

Ist der Meiler angewärmt, so ist keine Explosion mehr zu befürchten, man trägt dann auch am Fuße desselben die Decke auf und stampft auch dieselbe allenthalben fest, das **Umfassen**. So bleibt derselbe 3 bis 4 Tage stehen, während man dabei zu sorgen hat, daß das Feuer nicht stellenweise zu stark oder zu schwach wirkt und der Meiler nicht ungleich zusammensinkt, eine Folge von zu schwachem Holze, zu starkem Luftzutritt, zu schwacher Decke ꝛc. Man bewirkt gleich Anfangs solche Stellen stärker, oder stößt auf der entgegengesetzten Seite Zuglöcher ein. Diese Periode, wo bei fast gänzlichem Luftabschluß das Holz verkohlt, heißt das Treiben. Je langsamer die Arbeit vollendet wird (das **Zubrennen**, die letzte Periode), desto reichlicher wird die Kohlenausbeute. Wird aber durch zu starken Zug das Gahrwerden befördert, so erhält man weniger und schlechte vom Feuer angegriffene Kohlen.

Während des Zubrennens erhält der Meiler Öffnungen am Fuße, **Fußräume**, 4 bis 6 Fuß von einander entfernt. Die Zahl und Größe derselben richtet sich nach dem Zustande des Meilers. Sie sollen den Dämpfen Abzug, der Luft schwachen Zutritt gestatten.

Nach 4 bis 8 Tagen bringt man auch in der halben Höhe des Meilers Öffnungen an, **Mittelräume**, durch welche man die vollständige Verkohlung der äußeren Holzreihen zu bewirken sucht. Bricht aus diesen

Öffnungen ein bläulicher dünner Dampf hervor, so werden sie geschlossen und 1¼ bis 1½ Fuß tiefer eine neue Reihe concentrischer Öffnungen gestoßen, auch wohl noch tiefer eine dritte. Nun tritt der Meiler in die **Gahre**, das Feuer bricht stellenweise am Fuße hervor. Geschieht dies im ganzen Umkreise, so ist die Arbeit gut gegangen. Bleibt das Feuer hier und da aus, so müssen Öffnungen eingestoßen werden, während an den gahren Stellen dieselben geschlossen werden.

Als besondere Kennzeichen des Fortgangs der Verkohlung im Meiler werden von den Köhlern die Farbe und der Geruch des Meilerrauches angesehen. Derselbe ist, wie schon angegeben wurde, gleich nach dem Anzünden des Meilers dunkelgrau, wird allmälig heller, dann blau oder bräunlichblau, sobald das Holz in Kohle verwandelt ist. Wenn daher der Köhler bemerkt, daß die gestochenen Löcher nur wenigen und himmelblauen Rauch von harzigem Geruche geben und wenn die Kohlen beim Auftreten oder Aufschlagen mit dem sogenannten Wahrhammer knacken, oder sich senken, so erkennt er daraus, daß die Kohlen da, wo bisher das Feuer brannte, gahr sind. Er verstopft daher die obersten Löcher und sticht weiter unten einige neue Reihen.

Unter den Händen geschickter Köhler behält der Meiler beim Sinken eine vollkommen regelmäßige Figur, und wird endlich zu einem wirklichen Kegel, der aber gewöhnlich nicht halb so hoch ist, als der Kohlenmeiler, woraus er entstand. Häufiger neigt sich der Meiler nach einer Seite und ist bauchig mit muldenförmigen Vertiefungen.

Das Abkühlen des Meilers.

Nachdem das Gahren überall erfolgt ist, bleibt der Meiler 24 Stunden lang zugedeckt, gegen allen Luftzutritt geschützt, das **Abkühlen**. Man könnte nun die glühenden Kohlen allmälig zum Selbstverlöschen bringen. Da das aber zu langsam gehen, auch zu vielen Abbrand verursachen würde, und die von selbst erstickten Kohlen nicht so gut sind, als die, in welchen das Feuer gelöscht wurde, so wird der Meiler nach 24 Stunden abgeputzt und gelöscht. Die Decke wird abgenommen, der Sand allein wieder aufgeworfen, welcher durch die Spalten dringt und die Glut erstickt.

Das Ausziehen der Kohlen.

So bleibt der Meiler 12 bis 24 Stunden stehen, dann schreitet man zum **Kohlenziehen**. Man macht am Fuße mit eisernen Hacken eine Öffnung, welche, wenn eine Partie Kohlen gezogen ist, mit Sand oder Lösche wieder geschlossen wird, darauf eine andere u. s. f. rings um den Meiler herum. Die gezogenen Kohlen werden entweder mit trockenem Sande, trockener Lösche, oder am besten durch Besprengen mit Wasser gelöscht. Dieses Ausziehen und Löschen der Kohlen sollte immer am Abend geschehen, damit man bei Nacht das allenfalls an den Kohlen noch befindliche Feuer leichter bemerken und löschen kann, wodurch man sicher ist, daß die Kohlen bis zur Ankunft der Fuhrleute am nächsten Morgen vollkommen todt sind.

So wird alle Abend eine Partie Kohlen vom Meiler weggenommen, bis er endlich ganz erschöpft ist und nur noch die **Quandelkohlen** übrig sind in der Mitte des Meilers. Diese sind kleiner und leichter, als die

sogenannten **Lesekohlen** und haben weniger Hitzkraft, weil sie am längsten im Feuer standen. Sie werden daher gewöhnlich auch wohlfeiler verkauft. Außer den Quandelkohlen fallen aber auch beim Ausziehen der groben Kohlen kleine vor, welche **Rechkohlen** heißen, weil man sie mittelst des Rechens von den gröberen trennt. Sie stehen rücksichtlich ihrer Güte zwischen den Lesekohlen und Quandelkohlen in der Mitte. Sie sind besonders für Schmiede und Schlosser brauchbar, welche auch die Quandelkohlen besser benutzen können, als Hütten- und Hammerwerke.

Dauer der Verkohlung eines Meilers.

Die Zeit, welche ein Meiler vom ersten Anzünden bis zum Gahrwerden erfordert, ist theils nach der Größe, theils nach der Behandlung verschieden. Ein kleiner erfordert vielleicht nur 6 Tage, während ein großer wohl 4 Wochen bedarf. Nach Hartig brauchten die Köhler im Nassauischen, welche die meisten und besten Kohlen lieferten, zur Verkohlung eines Meilers, welcher 16 Klafter oder 1600 Kubikfuß nicht allzu dürres Buchen- oder Eichenscheitholz enthielt, bei günstiger Witterung 16 bis 18 Mal 24 Stunden; zur Verkohlung eines ebenso großen Meilers von Birken- und Nadelholz 22- bis 24-, und zur Verkohlung eines ebenso großen Meilers von Erlenholz 24- bis 26 Mal 24 Stunden. Dürres und sehr weiches Holz erfordern eine etwas kürzere Zeit zur Verkohlung.

Italienische Verkohlungsmethode.

Die **italienische Verkohlungsmethode**, welche sich durch die Beschaffenheit und Größe ihrer Ausbeute besonders auszeichnet, weicht von dem eben beschriebenen Verfahren in mancher Beziehung ab.

Die Meilerstätte ist möglichst festgestampft und vollkommen eben. Statt des Anlaufes erhält sie ein Gebrück von Holz, wodurch der Zug bedeutend verstärkt wird. Man legt 4—5 Zoll starke und 6—7 Fuß lange Scheite (**Leithölzer**) vom Quandel aus strahlenförmig bis an den Umkreis der Meilerstätte. Über die 12—16 Zoll von einander abstehenden Leithölzer werden der Quere nach die **Brückenhölzer** gelegt und auf diese die 6—7 Fuß langen Scheite des Kohlholzes aufgestellt. Die Brückenhölzer bleiben bei der Verkohlung gewöhnlich unversehrt und können daher für mehrere Verkohlungen benutzt werden.

Der Meiler hat drei Quandelstangen. Um dieselben wird das Kohlholz sehr sorgfältig (mit möglichst wenig Zwischenräumen) und so steil herumgestellt, daß die äußersten Holzkreise des Meilers einen Neigungswinkel von 65—70 Grad erhalten. Der Meiler erhält zwei Schichten, hat also 12—14 und die Haube etwa 2 Fuß Höhe. Statt des Rauhdaches wird der Meiler an der Oberfläche mit dünnen Hölzern, Abfall von Zimmerplätzen u. dgl. so dicht wie möglich ausgeschmält. Die Erddecke wird vorzüglich dicht gemacht. Man befreit daher die Lösche sorgfältig durch Ausharken von gröberen Theilen und befeuchtet sie mit Wasser. Unten wird sie 2, oben ¾—1 Fuß dick aufgetragen und mit einem platten Scheite festgeschlagen. Die Rüstung besteht aus 8 Fuß langen und 1 Fuß breiten Bohlen, welche in einer Höhe von 6—7 Fuß angelegt werden.

Der Quandelschacht wird 3 Fuß von Oben herab mit kleinen Hölzern abgeschlossen und der über letzteren befindliche Raum mit geringen Kohlen

gefüllt. Die Kohlen werden angezündet und das Feuer so lange unterhalten, bis es mit ganz reiner Flamme brennt, dann wird es mit Kohlen überstürzt, so daß es fast verlöscht und ein dicker weißer Rauch aufsteigt. Hat sich das Feuer wieder durchgebrannt, so füllt man wieder mit Kohlen auf. Die unter den Kohlen befindlichen Holzspäne werden allmälig vom Feuer zerstört, und die glühenden Kohlen fallen dann auf den Boden des Schachts, worauf man denselben ganz mit Kohlen anfüllt und noch oben auf den Meiler einen Haufen Quandelkohlen 2 Fuß hoch und 4 Fuß im Durchmesser stürzt, den man den **König** nennt. Hiermit ist das Anzünden des Meilers, was etwa eine Stunde dauert, beendigt und das Feuer hat am Boden und im Kopfe des Meilers zugleich angegriffen. Nach einer oder einigen Stunden brennt das Feuer oben durch den König heraus, der Schacht muß dann so oft mit Kohlen aufgefüllt werden, als diese zusammensinken. In den ersten 6 Tagen nach dem Anzünden füllt man täglich 6—8 Mal, später nur Morgens und Abends bis zur völligen Gahre des Meilers. Dieses beständige Nachfüllen hält man zur guten Verkohlung für wesentlich.

Ein solcher Meiler, der ungefähr 11000 Kubikfuß feste Holzmasse hat, wird bei trockenem Holze in 4—5, bei starkem, nassem Holze wohl erst in 6 Wochen ausgekohlt. Zum Anzünden braucht man 30 Kubikfuß Kohlen, zum Füllen 300 und darüber.

Beim Abkühlen zieht man das dünne, zum Theil verkohlte Holz an der Oberfläche heraus, damit die Lösche zwischen die Kohlen hineinfällt und das Feuer erstickt. Das Abkühlen dauert 4—5 Tage.

Die italienische Verkohlung liefert dichte und sehr gute Kohlen, und eine Ausbeute, welche 24 Procent des rohen Holzgewichtes erreicht.

Der allgemeinen Anwendung dieser Methode steht nur der starke Verbrauch von Lösche und Kohle im Weg, welche nicht überall leicht beizuschaffen sind, da man nur schlechte Kohlen zu diesem Zwecke anwenden kann, indem die Anwendung von guten hierzu nicht ökonomisch wäre[1]).

Verkohlung in Haufen oder liegenden Werken.

Die Verkohlung in **Haufen** oder **liegenden Werken** unterscheidet sich von der in Meilern dadurch, daß bei derselben das Holz allmälig theilweise verkohlt wird, während man die verkohlte Partie sogleich zieht. Man rühmt von derselben, daß sie vorzüglich gute Kohlen liefere, weil diese kaum erzeugt, auch schon gezogen werden, also der Glühhitze nicht so lange ausgesetzt bleiben, als im Meiler. Man will auch eine größere Ausbeute erhalten haben.

Man lagert 6 bis 8 Fuß lange ungespaltene Holzstämme übereinander und verkohlt unter einer Bedeckung von Kohlenlösche oder einer anderen

1) Über die norddeutsche, italienische und slawische Meilerverkohlung vgl. Leinböck's Forstwirthschaft. 3. Theil. Leipzig 1834. S. 136—162; Beschreibung der italienischen Verkohlungsmethode, auf allerhöchstem Befehl herausgegeben Wien 1812; und G. Cuzi, über die lombardische Verkohlungsweise des Holzes in den ökonom. Neuigkeiten u. Verhandlungen. 1847. S. 353—357.

Decke. Die Stätte ist horizontal, aber auch geneigt, so, daß der vordere niedrigere Theil des Holzes über dem tieferen Punkt errichtet wird. Man gibt dem Holze eine Länge von 24, eine Breite von 8 Fuß, indem man das Holz in die Quere legt. Ist die Größe des aufzustellenden Holzes abgesteckt, so schlägt man Pfähle in 2 bis 3 Fuß Entfernung von einander 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß tief ein. Die am Hintertheile, dem **Segel** oder **Kopf**, müssen 7 bis 9 Fuß über die Grundfläche hervorragen, am vorderen Theile aber immer mehr abfallen, so daß der letzte Pfahl nur etwa 2 Fuß vorsteht. Fig. 112 zeigt einen Haufen von Oben und Fig. 113 von der Seite gesehen.

Fig. 112.

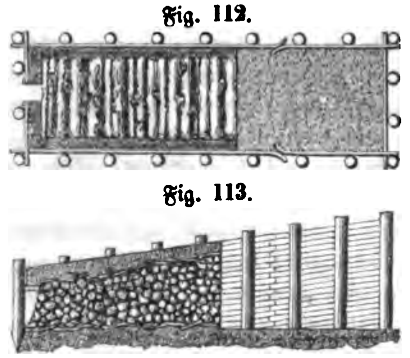


Fig. 113.

Diese Pfähle dienen dazu, die Decke des Holzes an den senkrechten Wänden zusammenzuhalten. Ebenso schlägt man auch einige Pfähle für die hintere Seite ein, wenn diese eine senkrechte Wand bilden soll. Wählt man aber eine Abschrägung, so ist es nicht nöthig.

Man legt auf die Erde lange gespaltene Stäbe, Äste als Rost, darauf das Holz, stärkere und schwächere Blöcke übereinander, doch werden die stärksten gegen das Segel hin gelagert und man füllt alle Zwischenräume mit Ast- oder Gipfelholz aus. Der vordere Theil des Haufens erhält die schwächsten Hölzer, und oben zur Bedeckung Äste und gespaltenes Holz. Zwischen den an der Seite eingeschlagenen Pfählen und den Holzenden muß ein Zwischenraum von 6 Zoll auf jeder Seite bleiben, welcher mit angefeuchteter Kohlenlösche ausgestampft wird, nachdem zuvor dünne Breter an die innere Seite der Pfähle angelegt worden, um die Decke zusammenzuhalten. Oben wird der Haufen wie ein Meiler bedeckt.

Um den Haufen anzuzünden, legt man glühende Kohlen am vorderen Ende unter die untersten Holzlagen, in die Mitte des sogenannten **Feuerhauses**, eines 2 Fuß breiten und 3 Fuß langen, von Lösche und dem Rauhdache bis aufs Kohlenholz entblößten Rechteckes, wo man gleich Anfangs trockenes, dürres Holz u. dgl. angebracht hat. Dringt ein hellblauer Rauch durch die Decke, so wird das Loch sorgfältig geschlossen. Man stößt vorn 3 bis 4 Zoll weite Löcher in den Haufen, wodurch dieser Theil erwärmt und in Glut versetzt wird. Zeigt sich auch hier jener Rauch, so schließt man die Löcher und stößt weiter nach Vorne zu an den beiden Seitenwänden 6 bis 7 Fuß vom vorderen Ende 3 bis 4 neue 12 bis 15 Zoll von einander entfernte Löcher, bis die Verkohlung bis nahe ans Segel vorgerückt ist, wo dann 2 Reihen Löcher eingestoßen werden.

Ist man damit bis auf 8 Fuß vom Segel gekommen, so kann man am vorderen Ende, wo schon gahre erloschene Kohlen sich befinden, mit dem Ausziehen anfangen, und wenn das Segel noch in voller Verkohlung

begriffen ist, muß die vordere Hälfte der Kohlen schon ausgezogen sein. Man pflegt auch wohl das über 9 Zoll starke Holz zu spalten und dann mit schwächerem ungespaltenen Holze nach der Länge des Haufens einzulegen. Hierbei sind viel weniger Löcher nöthig, weil sich das Feuer nach der Länge des Holzes leichter fortpflanzt, als in die Quere. Die Länge der Hölzer ist hier beliebig und es ist nicht erforderlich, daß alle Stämme gleich lang seien.

Diese Art von Verkohlung ist weit mehr zum Auffangen der Nebenprodukte geeignet, als die Meilerverkohlung. Die Dämpfe strömen nach dem höher gelegenen Segel, welches zuletzt in Verkohlung tritt; hier kann man Röhren einbringen und in Fässer leiten. Zuerst erscheint Wasser, dann schwächere und endlich stärkere Holzsäure, zuletzt kommt Theer, welcher immer dicker und dunkler wird [1]).

Eigenschaften einer guten Kohle.

Die auf die eine oder die andere Weise erhaltene Kohle soll sich, wenn sie gut ist, durch folgende Eigenschaften auszeichnen: Sie hat eine stahlgraue, ins Blaue oder Gelbe schillernde Farbe, läßt sich nicht leicht zerbrechen, färbt dabei wenig ab und glänzt auf dem Bruche stark. Leichtzerbrechlichkeit und starkes Abfärben zeigen, daß sie zu lange im Feuer oder aus schlechtem, stockigem Holze gebrannt war. Gut ausgebrannte Kohle muß ferner beim Anschlagen hell klingen, darf keine zu weiten Risse haben, soll nicht zu schwer sein und im Feuer mit wenig, und zwar blauer Flamme ohne Rauch verbrennen, und dabei eine starke und anhaltende Hitze entwickeln. Schlechte Kohle ist tief schwarz, färbt stark ab, brennt schlecht, flammt dabei wie Holz und entwickelt wenig und kurzdauernde Hitze. Wenn auch ihre Dichtigkeit oder ihr specifisches Gewicht mit der wärmeerzeugenden Kraft in geradem Verhältnisse steht, so nimmt aber auch in demselben Verhältnisse ihre Entzündbarkeit ab.

Hartig gibt für das specifische Gewicht der Kohlen aus verschiedenen Holzarten folgende Zahlen an:

Buchenscheitholz . .	0,435
Buchenprügelholz . .	0,461
Eichenscheitholz . . .	0,307
Eichenprügelholz . .	0,369
Kiefernscheitholz . . .	0,261
Kiefernprügelholz . .	0,246
Fichtenholz	0,220
Birkenholz	0,450

Bei diesen Gewichtsbestimmungen scheinen die Kohlen bereits einen bedeutenden Luft- und Wassergehalt aufgenommen gehabt zu haben, vermöge dessen sie beim Aufbewahren oft um 0,10 bis 0,18 schwerer werden, als unmittelbar nach dem Erkalten. Nach der Stärke der Erhitzung und überhaupt nach der Art und Weise der Verkohlung ist das specifische Gewicht, wie bereits angegeben, ebenfalls verschieden.

---

1) Die Berechnung des kubischen Inhalts eines Haufens s. in Leinböck's Forstwirthschaft. 3. Theil. Leipzig 1834. S. 176.

Brennwerth der verschiedenen Kohlenarten.

Die Brennkraft der meisten deutschen Holzarten im Vergleiche mit der ihrer Kohle ergibt sich aus nachstehender Tabelle:

Namen der Holzarten	Roh nach Hartig's Versuchen	Verkohlt nach v. Werneck's Versuchen
Buchen, Stammholz von 120 Jahren	1600	1600
Stammholz von 80 Jahren	1616	—
Astholz von einem 120jährigen Baume	1431	—
Reidelholz von 40 Jahren	1593	1639
anbrüchiges Stammholz	1258	—
geflößtes Stammholz	—	1172
Reidelholz von 40 Jahren, im Saft gehauen	1524	—
Stammholz von 80 Jahren, grün gebrannt	1226	—
Reiser von einem 120jährigen Baume, im Gewichte mit dem Buchen-Stammholz von 120 Jahren gleich	1386	—
Traubeneichen, Stammholz von 200 Jahren	1555	—
Stieleichen, Stammholz von 90 Jahren	1458	1459
Astholz von einem 190jährigen Baume	1434	—
Reidelholz von 40 Jahren	1542	1484
anbrüchiges Stammholz	1241	—
geflößtes Stammholz	—	989
Hainbuchen, Stammholz von 90 Jahren	1719	1684
Stammholz von 50 Jahren	1644	—
Astholz von einem 90jährigen Baume	1364	—
Reidelholz von 30 Jahren	1785	—
geflößtes Stammholz	—	1239
Stammholz von 50 Jahren, im Saft gehauen	1435	—
Stammholz von 50 Jahren, im Freien verbrannt	1000	—
Elsebeer, Stammholz von 90 Jahren	1493	1292
Reidelholz von 30 Jahren	1533	1409
Eschen, Stammholz von 100 Jahren	1611	1646
Reidelholz von 30 Jahren	1610	1753
geflößtes Stammholz	—	1206
Ulmen, Stammholz von 100 Jahren	1393	1407
Reidelholz von 30 Jahren	1313	1522
Ahorn, Stammholz von 100 Jahren	1824	1647
Reidelholz von 40 Jahren	1838	1720
geflößtes Stammholz	—	1117
Linden, Stammholz von 80 Jahren	1090	1089
Reidelholz von 30 Jahren	996	—
Birken, Stammholz von 60 Jahren	1376	1461
Reidelholz von 25 Jahren	1155	1406
geflößtes Stammholz	—	1062
Erlen, Stammholz von 70 Jahren	920	885
Reidelholz von 20 Jahren	1046	—
Schwarzpappeln, Stammholz von 60 Jahren	882	—
Reidelholz von 20 Jahren	791	—
Italienische Pappeln, Stammholz von 20 Jahren	773	—
Reidelholz von 10 Jahren	698	—
Stammholz von 20 Jahren, im Freien verbrannt	446	—
Weiß-Baumweiden, Stammholz von 50 Jahren	839	935
Reidelholz von 10 Jahren	1025	—
Saalweiden, Stammholz von 60 Jahren	1222	1173
Reidelholz von 20 Jahren	1312	—
Reidelholz von 20 Jahren, im Saft gehauen	1146	—
Aspen, Stammholz von 60 Jahren	1008	988
Reidelholz von 20 Jahren	1146	1017
Acacien, Stammholz von 34 Jahren	1279	—
Reidelholz von 8 Jahren	1340	—
Vogelkirschen, Stammholz	—	1246
Maßholder, Stangenholz	—	1733
Lerchen, Stammholz von 100 Jahren	1295	—
Stammholz von 50 Jahren	1134	—
Reidelholz von 25 Jahren	968	—
Kiefern, Stammholz von 125 Jahren, kienig	1595	1724
Stammholz von 100 Jahren	1420	—
Stammholz von 50 Jahren	1243	—
Aus der Spitze eines 100jährigen Baumes	1220	—
Reidelholz von 30 Jahren	1085	—
Stockholz	—	1899
geflößtes Stammholz	—	1199
Reiser von einem 100jährigen Baume, im Gewichte mit dem 100jährigen Stammholze gleich	1200	—
Edeltannen, Stammholz von 100 Jahren	1120	1127
Stammholz von 80 Jahren	1050	—
Reidelholz von 40 Jahren	960	—
Stammholz von 80 Jahren, im Freien verbrannt	573	—
Stockholz	—	1202
geflößtes Stammholz	—	884
Fichten, Stammholz von 100 Jahren	1258	1176
Reidelholz von 40 Jahren	1063	—
Stammholz von 100 Jahren, im Freien verbrannt	670	—

Winkler erhielt durch eine Berechnung nach dem specifischen Gewichte der verschiedenen Kohlenarten folgende Zahlen für die einzelnen Arten derselben nach dem Volum:

100	Volum	Eichenkohle	=	82,9	Volum	Buchenkohle
100	„	Eschenkohle	=	129,0	„	Eichenkohle
			=	106,9	„	Buchenkohle
100	„	Ahornkohle	=	105,8	„	Eichenkohle
			=	87,1	„	Buchenkohle
			=	82,0	„	Eschenkohle
100	„	Buchenkohle	=	120,6	„	Eichenkohle
			=	93,5	„	Eschenkohle
			=	114,0	„	Ahornkohle
100	„	Birkenkohle	=	130,9	„	Eichenkohle
			=	101,5	„	Eschenkohle
			=	123,7	„	Ahornkohle
			=	108,5	„	Buchenkohle
100	„	Ulmenkohle	=	116,1	„	Eichenkohle
			=	90,0	„	Eschenkohle
			=	109,7	„	Ahornkohle
			=	96,2	„	Buchenkohle
100	„	Erlenkohle	=	86,4	„	Eichenkohle
			=	67,0	„	Eschenkohle
			=	80,5	„	Ahornkohle
			=	71,6	„	Buchenkohle
			=	66,0	„	Birkenkohle
			=	74,4	„	Ulmenkohle
			=	126,4	„	Eichenkohle
100	„	Lindenkohle	=	68,4	„	Eichenkohle
			=	53,0	„	Eschenkohle
			=	64,6	„	Ahornkohle
			=	56,6	„	Buchenkohle
			=	52,2	„	Birkenkohle
			=	58,8	„	Ulmenkohle
			=	79,1	„	Erlenkohle

Weiden- und Pappelkohle ist der Lindenkohle ziemlich gleich.

100	Volum	Tannenkohle	=	81	Volum	Buchenkohle
			=	82	„	Eichenkohle
			=	64	„	Eschenkohle
			=	80	„	Ahornkohle
100	„	Fichtenkohle	=	68	„	Buchenkohle
			=	63	„	Birkenkohle
			=	71	„	Ulmenkohle
			=	95	„	Erlenkohle
			=	84	„	Tannenkohle
			=	120	„	Lindenkohle

Dem Gewichte nach ist der Brennwerth bei den verschiedenen Kohlenarten sehr wenig verschieden, da der Gehalt der Kohle an Kohlenwasserstoff zu klein ist, um hier einen Ausschlag geben zu können. Die Verschiedenheit der Aschenmenge, welche verschiedene Kohlen liefern, kann dabei ebensowenig in Berücksichtigung kommen, weil die Radicale der in der Asche enthaltenen Alkalien und Erden ꝛc. im metallischen Zustande in der Kohle vorhanden sind, und bei der Verbrennung der Kohle ebensowohl Wärme entwickeln müssen, als der Kohlenstoff selbst.

Die Eichenkohle hat den Fehler, daß sie im Feuer gern in kleine Stücke springt und leicht verlöscht, wenn nicht ununterbrochen Luft zuströmt. Die Buchenkohle ist in Schmelzhütten beliebt, sie erzeugt eine starke und anhaltende Hitze. Auch die Birkenkohle gilt als vorzüglich. Die Erlenkohle ist immer bei den Hütten gesucht, wogegen die Lindenkohle als sehr schwach bekannt ist und mehr von Schießpulverfabriken verwendet wird. Weiden- und Pappelkohle scheint der Lindenkohle ziemlich gleich zu sein. Alle drei werden auch als Zeichenkohle verwendet, weil sie stark abfärben. Tannen- und Fichtenkohle werden so ziemlich in eine Kategorie geworfen, obgleich die Tannenkohle dem Volum nach bedeutend besser, als Fichtenkohle ist. Sie steht der Eichenkohle nahe, ohne deren Mängel zu besitzen und muß dem Hüttenmann sogar noch werthvoller sein, als diese. Die Kiefernkohle bildet hinsichtlich ihrer Stärke den Übergang von den weichen zu den harten Kohlen, und da sie die Vortheile beider in sich vereint, so ist sie überall anwendbar und gesucht. Die Lerchenkohle ist hart und schwer, und heizt stark. Ihr Brennwerth verhält sich zu dem der Fichtenkohle, wie 8 zu 5.

Kohlenausbeute.

Über die Ausbeute des Holzes an Kohlen wurde bereits S. 622—624 das Nöthige angegeben. Karsten stellte vergleichende Versuche über die Resultate bei rascher und langsamer Verkohlung an, welche hier mit den Erfahrungen von Winkler und Stolpe zusammengestellt sind. Das Holz bei Karsten's Versuchen war lufttrocken, das von Stolpe bei 37° C., das von Winkler in einem warmen Zimmer getrocknet.

Holzarten.	Kohle in Gewichtsprocenten. Bei rascher Verkohlung	bei langsamer Verkohlung		
	Karsten	Karsten	Stolpe	Winkler
Junges Eichenholz	16,54	25,60	26,1	22,8
Altes Eichenholz	15,91	25,71		
Junges Rothbuchenholz	14,87	25,87	24,6	17,8
Altes Rothbuchenholz	14,15	26,15		
Junges Weißbuchenholz	13,12	25,22	23,8	
Altes Weißbuchenholz	13,65	26,45		
Junges Erlenholz	14,45	25,65		
Altes Erlenholz	15,30	25,65		
Junges Birkenholz	13,05	25,05	24,4	17,6
Altes Birkenholz	12,20	24,70		
Birkenholz, das über 100 Jahre in einer Grube als Stempel gestanden und sich gut erhalten hatte	12,15	25,10		
Pappelholz	—	—	23,8	177,
Junges Fichtenholz Pinus picea D.	14,25	25,25	23,4	20,6
Altes Fichtenholz	14,05	25,00		
Junges Tannenholz P. abies D.	16,22	27,72	21,5	20,1
Altes Tannenholz	15,35	24,75		
Junges Kiefernholz P. sylvestr. D.	15,52	26,07	23,7	
Altes Kiefernholz	13,75	25,95		
Lindenholz	13,30	24,60	22,8	16,2
Eschenholz	—	—	22,1	19,4
Weidenholz	—	—	22,2	15,0
Roggenstroh	17,0	27,95		
Trockenes Farrenkraut	14,65	26,45		
Rohrstengel				

Man pflegt indessen beim Verkohlen im Großen das Kohlenprodukt nicht nach dem Gewichte, sondern nach dem Volum zu beurtheilen. Hartig liefert hierüber folgende Angaben:

Name und Beschaffenheit des Holzes	Verkohltes Holz			Daraus lieferten die geschickten Köhler			die mittelmäßigen Köhler		
	ohne leeren Zwischenraum	mit leerem Zwischenraum	Gewicht des dürren Holzes	Kohlen ohne leeren Zwischenraum	Kohlen mit leerem Zwischenraum	Gewicht der Kohlen	Kohlen ohne leeren Zwischenraum	Kohlen mit leerem Zwischenraum	Gewicht der Kohlen
	Kubikfuß	Kubikfuß	Pfund	Kubikfuß	Kubikfuß	Pfund	Kubikfuß	Kubikfuß	Pfund
Buchenscheitholz v. 100- bis 120jährigen Stämmen	100	114	3906	30	$70\frac{2}{3}$	840	27	$63\frac{1}{2}$	756
Buchenprügelholz aus 60- und 90jährigen Durchforstungsschlägen	100	180	4200	32	$75\frac{1}{2}$	960	28	66	840
Eichenscheitholz v. alten zum Verbauen untauglichen Stämmen	100	180	4500	28	66	560	25	$58\frac{3}{4}$	500
Eichenprügelholz von 18- bis 20jährigen Stangen	100	200	4600	31	73	744	28	66	672
Kiefernscheitholz v. 70- bis 80jährigen Stämmen	100	144	3600	34	80	578	31	73	527
Kiefernprügelholz aus Durchforstungschlägen	100	180	3000	32	$75\frac{1}{2}$	512	29	$68\frac{1}{4}$	464

Von Berg gibt in seiner „Anweisung zum Verkohlen des Holzes" folgende Resultate bei der norddeutschen Verkohlungsart an:

Buchenscheitholz
dem Gewichte nach 20,0 bis 22,0 Procent
dem Volum nach 50,0 — 54,5 „

Fichtenscheitholz
dem Gewichte nach 23,0 bis 25,8 Procent
dem Volum nach 60,0 — 72,5 „

Fichtenstockholz
dem Gewichte nach 21,0 bis 25,0 Procent
dem Volum nach 50,0 — 63,3 „

Fichtenknüppelholz, bis 3 Schuh Durchmesser
dem Gewichte nach 20,0 — 22,0 Procent
dem Volum nach 41,7 — 50,0 „

Astholz nach dem gewöhnlichen Vorkommen im Durchschnitt
dem Gewichte nach 19,0 bis 22,0 Procent
dem Volum nach 38,0 — 48,0 „

Mit der italienischen Verkohlungsart auf der Hütte zu Hieflau, ohnweit Eisenerz in Steyermark vielfach angestellte Versuche ergaben von einem Meiler von 7840 Kubikfuß solider Holzmasse, grobes Scheitholz, 1280 Faß, oder 74509 Pfund Kohlen, also 100 Kubikfuß solide Holzmasse 950 Pfund Kohlen, oder, den Kubikfuß Holz (?) zu 40 Pfund gerechnet 24 Pfund dem Gewichte nach. Dem Volum nach lieferte ein Meiler von 48 Kubikklaftern solider Holzmasse 7204 massiger Kohlen. Die ganze Ausbeute betrug also dem Volum nach bei ⅔ der angewendeten Holzmasse, oder auf 100 Kubikfuß Holz 69,4 Kubikfuß Kohlen.

Die slavische Verkohlungsart lieferte bei mehreren von Leinböck beobachteten Meilern aus geflößtem, 2—3 Jahre am Aufsatzplatze gestandenem, mitunter etwas angegangenem 6schuhigen, aber ungleich langem Buchenscheitholze von 16—20 Kubikklaftern eingesetzter Holzmasse 2024,09 Kubikfuß, oder von 100 Kubikfuß Holzmasse 52,06 Procent Kohle. Im Durchschnitte betrug die Kohlenausbeute 55,12 Volumprocente.

Verhältniß des Volums der Kohlen zum Gewicht.

Würden die Kohlen beim Aufeinanderliegen keine Zwischenräume bilden, deren Größe sich nicht wohl ermitteln läßt, so könnte man das Gewicht irgend eines Maßes Kohle aus dem specifischen Gewichte berechnen und danach den Werth verschiedener Sorten mit Sicherheit vergleichen. Als das Mittel aus vielen Beobachtungen im Großen erwiesen sich folgende Angaben: 1 Kubikfuß Buchenkohle (aus Scheitholz) wiegt 8—9 Pfund, dieselbe (aus Prügelholz) 7 bis 7,5, Kohle aus Eichenscheitholz 7—8 Pfund, von Prügelholz 6 bis 6,5, von den weichen Hölzern 4,5 bis 5,5, Nadelholz 5,5 bis 7 Pfund. Zu berücksichtigen ist, daß die Kohlen gewöhnlich 5,7 bis 8, nach längerer Zeit 10—20% ihres Gewichtes an der Luft zunehmen.

Verkohlung des Holzes in Oefen.

Man verkohlt, wie bereits oben angegeben wurde, das Holz in Öfen, wenn man vorzugsweise die flüssigen Nebenprodukte gewinnen will, da sich

hierbei die erwartete Vergrößerung der Kohlenausbeute gegen die Verkohlung in Meilern nicht bestätigt hat.

Diese Öfen werden entweder von Außen geheizt, oder die zur Verkohlung nöthige Hitze wird, wie in den Meilern, durch Verbrennung eines Theils der Kohlen, mittelst Luftzutritt erzeugt.

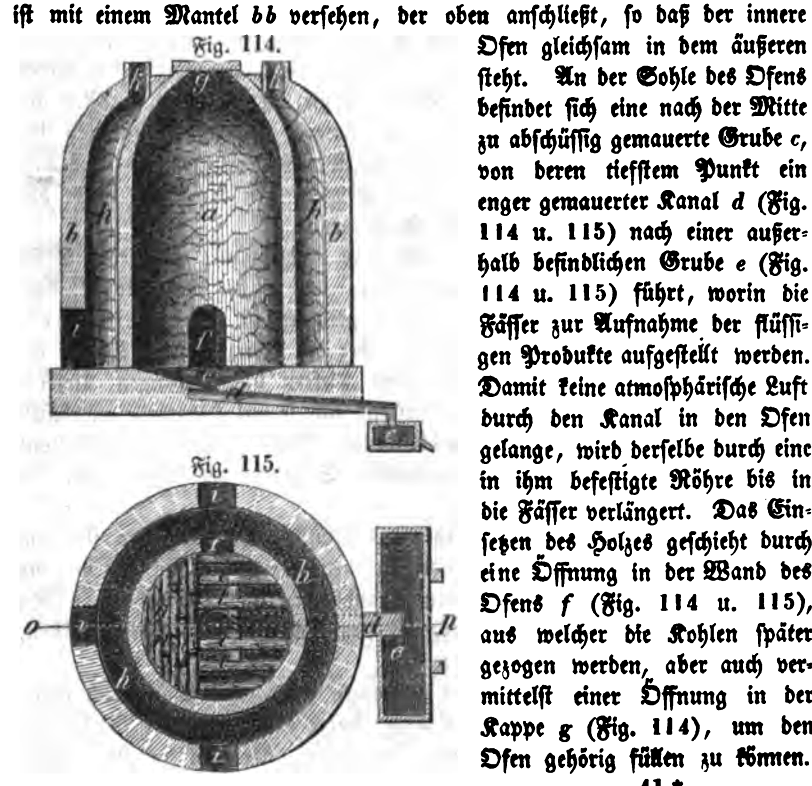
Theerschwelerei.

Theerschwelerei

Wie bei der trockenen Destillation im Kleinen in Retorten, so geht auch im Großen bei der Verkohlung in von Außen geheizten Öfen, wo der Luftzutritt gänzlich abgehalten ist, von den Destillationsprodukten nichts verloren; die Größe solcher Öfen kann aber immer nur beschränkt sein, weil sonst die Hitze von Außen nicht gehörig durchwirken und das Holz im Innern verkohlen würde, da bei dieser Art der Verkohlung die Erzeugung von Theer den Hauptzweck bildet, so heißt sie die **Theerbrennerei** oder das **Theerschwelen.**

Ingemauerten Oefen.

Offenbar erfordern Öfen mit massiven Wänden aus Ziegelsteinen am meisten Brennmaterial. Von dieser Art sind die **Pech-** und **Theeröfen**, worin harzreiches Holz verkohlt wird, um Pech, Öl und Theer zu gewinnen. Ein solcher Ofen hat die Gestalt eines in einen Kegel ausgehenden Cylinders *a* Fig. 114 (dem Durchschnitte nach der Linie *op* in Fig. 115), ist mit einem Mantel *bb* versehen, der oben anschließt, so daß der innere Ofen gleichsam in dem äußeren steht. An der Sohle des Ofens befindet sich eine nach der Mitte zu abschüssig gemauerte Grube *c*, von deren tiefstem Punkt ein enger gemauerter Kanal *d* (Fig. 114 u. 115) nach einer außerhalb befindlichen Grube *e* (Fig. 114 u. 115) führt, worin die Fässer zur Aufnahme der flüssigen Produkte aufgestellt werden. Damit keine atmosphärische Luft durch den Kanal in den Ofen gelange, wird derselbe durch eine in ihm befestigte Röhre bis in die Fässer verlängert. Das Einsetzen des Holzes geschieht durch eine Öffnung in der Wand des Ofens *f* (Fig. 114 u. 115), aus welcher die Kohlen später gezogen werden, aber auch vermittelst einer Öffnung in der Kappe *g* (Fig. 114), um den Ofen gehörig füllen zu können.



Beide Öffnungen (**Setzlöcher**) werden nachher vermauert. Die Feuerung findet im Zwischenraume *hh* (Fig. 114 u. 115) zwischen dem Ofen und dem Mantel statt, zu welchem Ende Schürlöcher *iii* (Fig. 114 u. 115) in diesem ausgespart und mehrere Rauchlöcher *kk* (Fig. 114), angebracht sind.

Weil zunächst am Boden das Holz nicht völlig auskohlen würde, und um den Abfluß des Theers zu erleichtern und dessen Entzündung durch die glühenden Kohlen zu verhüten, legt man gewöhnlich auf den Boden einen Rost (**Gebrück**). Man legt 2—3 Zoll dicke Stangen *llll* (Fig. 115) in Entfernungen von 2 Fuß parallel neben einander. Unter diese legt man an der tiefsten Stelle des Bodens Unterlagehölzer *m* (Fig. 115), damit sie sich nicht biegen können. Auf diesen Rost werden die mehrere Fuß langen und etwa 1 Zoll dick ausgespaltenen Holzstücke *nn* (Fig. 115) quer über die Rosthölzer dicht aneinander gelegt und so fortgefahren, bis der Ofen voll ist, dann die Setzlöcher zugemauert.

Beim Anheizen des Theerofens fließt zuerst ein saures Wasser, gemengt mit ausgebratenem Harze, **Theergalle** aus, wovon sich allmälig ein wenig gefärbtes, flüssiges, mit ätherischem Öl verbundenes Harz abscheidet und obenauf schwimmt, **weißer Theer.** Nach und nach bei zunehmender Hitze wird der Theer braun und dicker, doch kann man davon auch noch etwas aufschwimmenden **gelben** Theer abschöpfen, bis endlich die Masse fast schwarz wird. Man gewinnt etwa 10 bis 12% vom Gewichte des Holzes an Theer. Das im Ofen nach dem Aufhören des Theerabflusses gebliebene Holz ist nicht völlig verkohlt, **Kienbrände.** Man benutzt dasselbe zur Kienrußbrennerei (vgl. unten). Durch Destillation des weißen und gelben Theers erhält man das **Kienöl**, ein übelriechendes Terpentinöl, welches beigemengtes Brandöl enthält. In der Blase bleibt das Harz zurück, welches man **weißes Pech** nennt.

Alles Nadelholz gibt Theer, nicht jede Nadelholzart oder jedes Stück Nadelholz ist aber so reichhaltig an Theer, daß es der Mühe lohnt, denselben zu gewinnen. Vorzüglich hierzu geeignet ist das K i e f e r n h o l z überhaupt. Den meisten Theer geben aber die Wurzeln und Stöcke der vor mehreren Jahren abgehauenen alten Kiefern und diejenigen Kiefernstämme, worin durch irgend einen Umstand sich so viel Harztheile angehäuft haben, daß sie sich durch die gelbbräunliche Farbe, durch den auffallend starken Geruch und durch ungewöhnliche Schwere des Holzes zu erkennen geben.

Theer. Der **Theer** ist eine zähe, braune, dickflüssige Substanz von starkem, durchdringendem, nicht gerade unangenehmen Geruche. Er besteht aus mehreren mit Essigsäure verbundenen Brandharzen und Fichtenharz, welche in Terpentinöl und Brandölen aufgelöst eine dickflüssige Consistenz besitzen, nebst Paraffin, Eupion, Kreosot 2c.

In Schweden, wo viel Theer gewonnen wird, und zwar durch Grubenschwelerei (s. S. 655), wird aus Theer durch Destillation mit Wasser das **Pechöl** gewonnen, ein Gemisch von Terpentinöl, Brandöl und Brandharz

von brauner Farbe, starkem, unangenehmen Geruche, welches durch Rectification mit Wasser farblos wird. Der Rückstand bei der Destillation des rohen Pechöls ist das **schwarze** oder **Schiffpech**, welches gewöhnlich durch Abdampfen des Theers in eisernen Kesseln, bis er so dick geworden, daß er beim Erkalten erstarrt, gewonnen wird. Es besteht aus Brand- und Fichtenharz, ersteres in vorwaltender Menge, ist bei 33° C. weich und knetbar, schmilzt in kochendem Wasser, löst sich in Alkohol, in ätzenden und kohlensauren Alkalien auf.

Der Theer dient zur Bereitung der Wagenschmiere, vorzüglich zum Anstreichen des Holzes, um es gegen den Einfluß der Luft und Feuchtigkeit zu schützen, namentlich zum Theeren des Schiffholzes, der Taue, auch von Mauern bei Feuchtigkeit und Salpeterfraß. Das schwarze Pech dient als Zusatz zum Theer beim Kalfatern (Verstopfen leckgewordener Stellen an Schiffen mit Werg und Theer) und zu Harzkitten, das Pechöl und der dünne Theer zur Gasbeleuchtung.

Der bei der trockenen Destillation von nicht harzreichem Holze erhaltene Theer enthält mehr Essigsäure, als der geschwelte Kientheer, weniger Harz und kann zum Theeren des Holzes gleichfalls verwendet werden.

Theerschwelerei in eisernen Kästen.

Weit mehr eignen sich zur Verkohlung und zum Auffangen der Nebenprodukte eiserne aus großen Platten zusammengesetzte, oder aus Eisenblech zusammengenietete Kästen, erstere in der Feuerung unbeweglich, letztere beweglich, ebenso gußeiserne Cylinder.

Das Princip ist bei allen diesen Einrichtungen dasselbe. Man bringt den eisernen Verkohlungskasten, die Retorte über eine Rostfeuerung, leitet die Feuerzüge um denselben in die Höhe, so daß er an allen Punkten erhitzt wird. Man füllt den Kasten von Oben mit gespaltenem Holze, welches so lang ist, als der Kasten breit, dicht gepackt wird und schließt ihn mit einem Deckel, der mit Lehm verschmiert wird. Ist der Eisenkasten beweglich, wie bei den nach französischer Art eingerichteten Apparaten, so wird er, sobald er sich nach beendigter Verkohlung abgekühlt hat, mittelst Ketten, die in 3 Haken im Obertheile des Kastens eingehängt werden, und eines um senkrechte Zapfen drehbaren Krahnes herausgezogen, ein anderer, zuvor schon mit Holz gefüllter Kasten in die noch heiße Feuerstätte hineingesetzt, um die Wärme nicht zu verlieren.

Diese Kästen haben dicht unter dem Deckel ein angesetztes eisernes Rohr zum Abzug der Gase und Dämpfe. Dasselbe ruht in einem Einschnitte der Umfassungswand des Ofens, welcher jedesmal durch ein Paar Steine und Lehm gehörig verschlossen wird. Es wird mit der Kühlvorrichtung, worin die Dämpfe der Holzsäure, des brenzlichen Öls und Theers condensirt werden, durch eine Vorstoßröhre verbunden. Fig. 116 zeigt einen solchen Ofen in einem durch die Mitte des nach dem Schornstein führenden Fuchses gelegten horizontalen Durchschnitte; Fig. 117 einen senkrechten Durchschnitt nach der punktirten Linie xx in Fig. 116. Der Kasten a ist aus gußeisernen Platten zusammengesetzt und faßt 100 Kubikfuß. Das Holz wird in den Kasten durch die Öffnung b in der Breite

eingelegt, zu welchem Ende alle Scheite gespalten sind, um recht dicht eingelegt werden zu können. Der Kasten wird vom Rost *c* aus geheizt, auf welchen das Brennmaterial durch den Feuerungskanal *d* gebracht wird. Das Feuer steigt um den Kasten schraubenförmig in den im Zwischenraum *eee* angebrachten Zügen, die in den Schornstein *f* endigen. Die Dämpfe und Gasarten führt ein eisernes Rohr *g* aus dem eisernen Verkohlungsapparat nach dem Condensator, welcher aus mehreren im Zickzack mit einander verbundenen kupfernen Röhren besteht, welche in einem hölzernen Gestelle *hh* ruhen. Die Röhren sind mit cylindrischen Mänteln *ii* umgeben, welche mit Wasser angefüllt sind; letzteres fließt aus einem Trog *k* durch ein Zuleitungsrohr *l* nieder, tritt in den untersten Mantel

Fig. 116.

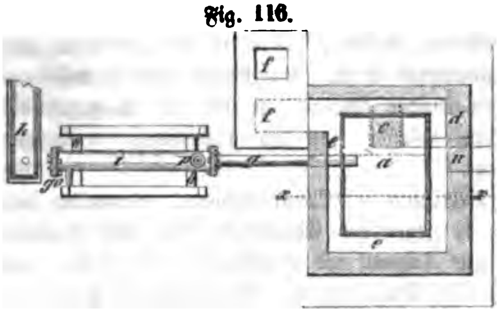
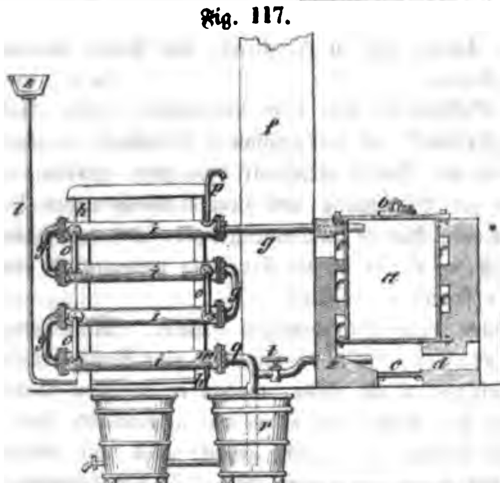


Fig. 117.



bei *m* ein, fließt durch sämmtliche, die Condensationsröhren umgebenden weiteren Cylinder, indem es aus jedem unteren durch die Verbindungsröhren *ooo* in den darüber liegenden höheren geleitet wird; bei *p* fließt es heiß geworden ab.

Die Gase und Dämpfe strömen dem Wasserstrom entgegengesetzt nieder, letztere werden tropfbar und bei *q* durch ein Abflußrohr in eine Reihe mit einander durch Röhren verbundener Fässer *r* oder Bohlenkästen geleitet, während die Gase durch das Rohr *s*, welches mit einem Hahn *t* versehen ist, in die Feuerung abziehen.

Sobald die Destillation in vollem Gange ist, wird der Hahn im Gasrohr geöffnet, nach Beendigung derselben, nachdem etwa 8 Stunden eingeschürt und dann 6 bis 8 Stunden lang das Gasfeuer unterhalten wurde, geschlossen. Um zu verhüten, daß atmosphärische Luft zu den brennbaren Gasen trete, wodurch Explosionen im Innern des Apparats entstehen würden, muß das Ende der die niedergeschlagenen Flüssigkeiten (Holzsäure, Brandöl und Theer) zuführenden Röhre immer mehrere Zoll tief in die Flüssigkeit der ersten Vorlage eintauchen, und die beiden ersten Fässer

dürfen nicht so mit einander in Verbindung stehen, daß die in ihnen enthaltene Luft gegenseitig communicirt, sondern sie sind durch ein Rohr im unteren Drittheil ihrer Höhe mit einander verbunden, welches stets unter dem Flüssigkeitsspiegel bleiben muß.

Man leitet sodann die gewonnene Flüssigkeit in Cisternen, welche in die Erde versenkt sind. In der ersten lagert sich der Theer zum größeren Theile ab, in der zweiten, dritten immer weniger, bis endlich in der vierten Cisterne die Säure schon von Theer ziemlich gereinigt sich ansammelt. Aus dieser letzteren wird dann die Holzsäure, ebenso der Theer aus den ersten Fässern durch Heber oder Pumpen in große Vorrathsbehälter geleitet und zum Gebrauche aufbewahrt.

Sobald die Vorstoßröhre anfängt, kalt zu werden, und die Flamme des verbrennenden Gases, welche Anfangs gelblichroth, dann blau war, weiß geworden ist, wird zu feuern aufgehört, sodann die Verbindung des Kastens mit dem Kühlrohr aufgehoben, die Mündung des Rohres verschlossen, der Kasten mittelst des Krahnes aus der Feuerung gehoben, während ein anderer, dessen Eisenwände, um sie einigermaßen gegen die Wirkung des Feuers zu schützen, mit Lehmwasser bestrichen worden sind, eingesetzt wird. Es müssen daher für jede Feuerung mehrere eiserne Kästen vorhanden sein, womit man wechseln kann, denn die Kohlen können nur nach völliger Abkühlung, welche erst nach 6 Stunden eintritt (durch eine Öffnung im Kasten an der Rückseite, welcher eine Öffnung im Mauerwerk u entspricht), ausgezogen werden. Alle 8 Stunden ist eine Destillation von ½ Decastère Holz, nahe 1½ Klafter, oder ⅓ Haufen vollendet, so daß in 24 Stunden fast 3 Destillationen stattfinden können, also in einem Ofen 1 Haufen Holz verkohlt werden kann.

Eine wesentliche Verbesserung in der Kohlenerzeugung in eisernen Kästen soll durch das Verfahren von Vallauri (Civilingenieur in Paris) erzielt werden [1]). Der von ihm erfundene Apparat, bestehend in einem luftdicht verschlossenen Kasten aus Eisenblech, kann auseinandergenommen und leicht von einem Orte zum anderen, wenn diese auch nicht für Wägen zugänglich sind, transportirt werden.

Die Heizung geschieht auf 2 bis 5 Herden durch kleines Reißholz und anderes Brennmaterial, welches sich zur Verkohlung nicht eignet. Von den Feuerräumen gehen Heizkanäle aus und münden oberhalb des Apparates aus. Sie dienen dazu, um eine möglichst gleichmäßige Hitze hervorzubringen. Die entwickelten Gase werden in die Feuerräume zurückgeleitet und zur Heizung verwendet oder auf Holzessig benutzt. Nach Beendigung der Verkohlung, welche gewöhnlich am dritten Tage erfolgt, wird mittelst eines Rohres Wasserdampf eingeleitet. Dadurch wird das Gewicht der

1) Gemeinnütziges Wochenblatt des Gewerbvereins in Köln. 1846. S. 63 aus der deutschen Gewerbzeitung. 1846. S. 131. Letzteres Blatt führt keine Quelle an, woher sie den Aufsatz entlehnte. Es bleibt sonach unentschieden, ob das Verfahren irgendwo genauer mitgetheilt ist oder nicht.

Kohlen um 7—8% erhöht, eine Gewichtzunahme, die sonst erst erfolgt, wenn die Kohlen 5—6 Monate auf dem Lager gelegen haben. Vallauri erhielt bei seinen Versuchen im Mittel 28 Gewicht-, oder 70—75 Volumprocente Kohlen.

Sollen kleinere Mengen Holz verkohlt werden, so läßt sich der Apparat bedeutend vereinfachen. Er besteht dann aus den Öfen mit den Kanälen und einer Kappe von Eisenblech. Das Holz wird ganz so, wie bei der gewöhnlichen Verkohlung geschichtet und mit Rasen und Erde bedeckt.

Man kann mit dieser Vorrichtung auch Holz dürren und Torf verkohlen. Während letzterer bei der gewöhnlichen Verkohlung wegen seines schwierigen Verlöschens nur wenig ausgibt, verlöscht er bei diesem Verfahren, sobald der Luftzutritt abgeschnitten ist.

Ausbeute. Man rechnet von 80 Centnern Holz 20¼ Centner Kohlen, 46⅔ Centner, oder 1920 Quart (71⅟₉ Kubikfuß) Holzsäure von 1,027 specifischem Gewichte und 6⅔ Centner Theer. Die eisernen Kästen werden sehr bald zerstört, verbrennen, so daß die Instandehaltung derselben mit vielen Kosten verbunden ist. Das zum Anfeuern derselben nöthige Brennmaterial ist auch nicht gering, obschon nur zu Anfang der Destillation der Ofen angefeuert, später aber durch die erlangte Hitze und die unter der Feuerung angezündeten Gase die Zersetzung fortgesetzt wird.

Stolze hat die Menge der aus verschiedenen Holzarten bei gleichem Gewichte und Trockenheit darstellbaren Holzsäure und des brenzlichen Öls durch Versuche ermittelt und gefunden, daß sie von 1 Pfund zwischen 11¾ und 15 Loth schwankt.

Die mit der Holzfaser verbundenen anderweitigen Pflanzenstoffe sind es, welche diese Verschiedenheit in der erzeugten Menge der Holzsäure bedingen, wie Harz, Gummi, Extraktivstoff ꝛc., nicht die Verschiedenheit der Holzfaser selbst. Denn reinigt man vorher das Holz durch Extraktion mittelst Wasser, Weingeist ꝛc. von allen ausziehbaren Stoffen, so gewinnt man aus einem Pfunde gereinigten Holzes ohne Unterschied 15 Loth Holzsäure. Harz gibt an sich wenig brenzliche Essigsäure, harzige Hölzer liefern deshalb wenig Essigsäure.

Obschon das gereinigte Holz ohne Unterschied gleich viel Holzsäure liefert, so schwankt doch die Stärke der Säure zwischen 22 und 55. Die stärkste Holzsäure liefern die Laubholzarten, welche bei langsamem Wachsthum eine feste Holzfaser bilden, auf trockenem Boden wachsen; hierauf folgen die auf trockenem Boden schnell wachsenden, dann die einen feuchten Boden liebenden Laubhölzer, Sträucher und endlich das Nadelholz. Das beste Nadelholz steht jedem Laubholze nach. Das gesunde Stammholz gibt eine stärkere Säure, als die jüngern Zweige, dagegen geben beide im geringsten Zustande gleiche Quantitäten Holzessig.

Nach Stolze liefert 1 Pfund Holz bei 37° C. getrocknet, bei der trockenen Destillation nachstehende Quantitäten der Zersetzungsprodukte:

Namen der Hölzer.	Gewicht der Holzsäure		1 Loth Holzsäure sättigt reines kohlensaures Kali	Gewicht des brenzlichen Öls		Gewicht der Kohle	
	Loth	Quent	Gran	Loth	Quent	Loth	Quent
Weiße Birke	14	1½	55	2	3	7	3¼
Rothbuche	14	⅓	54	3	¼	7	3½
Spindelbaum	14	2	50	3	1½	7	—
Großblättrige Linde	13	3	52	3	3⅓	7	1¼
Steineiche	13	3	50	2	3⅔	8	1½
Weißbuche	13	2½	50	3	2¼	7	2½
Gemeine Esche	15	—	44	2	3¼	7	⅓
Roßkastanie	14	3½	41	3	1	7	—
Italienische Pappel	14	2½	40	2	3	7	2½
Silberpappel	14	3	39	2	2⅕	7	2
Weiße Weide	14	2¾	37	3	1	7	½
Pfahlwurzel vom Sassafraslorbeer	13	2	39	3	2	8	2
Ahlkirsche	14	—	37	3	1¼	6	3⅔
Korbweide	14	3	35	3	¼	7	¼
Cornelbaum	14	1	36	3	3⅓	7	1
Kreuzdorn	15	—	34	2	3½	7	¼
Blauholz	14	1¼	35	2	3¾	7	3¾
Erle	14	2¾	30	3	⅓	7	½
Wachholder	14	2	29	3	1⅔	7	1
Weißtanne	13	1	29	4	1½	6	3½
Gemeine Kiefer	13	2¼	28	3	3¼	6	3¾
Sadebaum	14	—	27	3	2⅓	7	1½
Rothtanne	12	3⅓	25	4	1¾	7	2
Franzosenholz	11	3	22	5	¼	8	1¼

Holzessig.

Der Holzessig dient vermöge seines Gehaltes an Kreosot nicht blos in der Medicin als fäulnißwidriges Mittel, sondern wird auch gegen Holzschwamm angewendet. Er schützt Fleisch, welches damit bestrichen und getrocknet wird, vor Fäulniß, es trocknet aber leicht so ein, daß es nicht genossen werden kann. Der abgelagerte Holzessig dient zur Bereitung von holzessigsauren Salzen, holzessigsaurem Natron, Kalk, Blei- und Eisenoxyd; besser ist es aber meistens, ihn zuvor zu rectificiren.

Die Destillation des Holzessigs, nachdem er sich durch Ablagern geklärt hat, geschieht in kupfernen Blasen mit kupfernen Kühlschlangen. Bei vorsichtiger Feuerung gehen ⅞ wasserklar über, bei verstärktem Feuer folgt dann noch 1/16 gelb gefärbte Säure. Der Rückstand ist Brandharz und Brandextrakt. Bei stärkerem Feuer ist das Destillat von Anfang an gelblich und trüb. Destillirt man die rohe Säure dagegen bis zur völligen Trockne, so geht keine Säure verloren. Das Destillat beträgt zwar an Gewicht weniger, als zuvor, allein die Säure ist stärker. Was zuerst übergeht, ist sehr wässerig und enthält, außer dem brenzlichen Öle und etwas Essigsäure, brenzlichen Holzgeist. Das Letztere enthält davon nichts mehr, aber desto mehr Essigsäure, die letzten Portionen am meisten.

Die Holzsäure kann auch durch öfter wiederholte Destillation vom brenzlichen Öle nicht vollständig befreit werden. Fünfmal destillirter Holzessig ist im Geschmack und übrigem Verhalten von einmal destillirtem kaum zu unterscheiden. Ein Zusatz von 1/20 Kohle macht, daß der Holzessig auch

bei stärkerem Feuer wasserhell übergeht. Er wird aber am Licht und an der Luft sehr bald wieder gelb und endlich braun, vermöge der Veränderung des brenzlichen Öles, welches er enthält. Derselbe dient zur Bereitung von Beizen und Farben in der Kattundruckerei, Färberei, zur Darstellung reiner Essigsäure und essigsaurer Salze und des Holzgeistes (s. S. 377).

Um den Holzessig in reine Essigsäure zu verwandeln, d. h. um ihn vollständig von seinem brenzlichen Öle zu befreien, verfährt man auf folgende Weise: Man sättigt denselben mit Kalk oder Kreide. Aus der Auflösung der so entstehenden essigsauren Kalkerde sondert sich das im Holzessig enthaltene Brandöl größtentheils aus. Man dampft die Auflösung ab bis zu 1,116 spec. Gewicht und zersetzt sie durch schwefelsaures Natron; schwefelsaure Kalkerde scheidet sich aus, die Auflösung des essigsauren Natrons wird bis zu 1,23 oder 1,24 abgedampft, zur Krystallisation hingestellt, die Mutterlauge dann noch so oft abgedampft, als man neue Krystalle erhält. Die Krystalle des essigsauren Natrons werden dann in einem eisernen Kessel sehr vorsichtig so stark erhitzt, daß das Brandöl vollständig zersetzt wird, was auch ohne Zersetzung des Salzes selbst gelingt, da es eine Erhitzung bis gegen + 300° C. ohne Nachtheil erträgt. Man löst dann in Wasser auf, filtrirt und dampft ab, wodurch man vollkommen reine Krystalle von essigsaurem Natron erhält. Zersetzt man dieselben durch gerade so viel Schwefelsäure, als hierzu nöthig ist, so fällt schwefelsaures Natron in kleinen Krystallen nieder. Die Flüssigkeit ist Essigsäure, welche noch etwas schwefelsaures Natron gelöst enthält. Durch Destillation erhält man sie rein; nur die zuletzt übergehende Säure ist gefärbt und etwas empyreumatisch.

Man hat diese Methode, reine Essigsäure bei der Holzverkohlung zu erhalten, in vielen Gegenden mit großen Kosten ausgeführt, fast allenthalben aber wieder aufgeben müssen, theils weil die Reinigungsarten viele Kosten durch den Aufwand an Schwefelsäure, durch die Weitläufigkeit und Schwierigkeit der Operationen und durch den Arbeitslohn verursacht haben, auch die Reinigungsarten auf keine Weise sich vereinfachen und verbessern ließen, theils weil man jetzt die frühere Methode, aus geistigen Flüssigkeiten Essig zu gewinnen, so vervollkommnet und vereinfacht hat, daß man durch die sogenannte Schnellessigfabrikation ein viel wohlfeileres Produkt erzielt.

Drew und Stocker in St. Austell ließen sich eine Fabrikationsmethode von Holzgeist, Holzessig, Ammoniak, Theer, Kohle und brennbaren Gasen (welche sie auf die gewöhnliche Weise von einander trennen) aus Braunkohle, Sumpferde u. dgl. patentiren. Sie unterwerfen diese Stoffe einer trockenen Destillation in eisernen oder thönernen Retorten, die mit einem System etwas geneigter Röhren in Verbindung stehen, worin sich die flüchtigen Produkte condensiren und dann in einen Recipienten abfließen [1].

---

1) Chemical. Gaz. 1845. Nr. 75. S. 479—480; pharm. Centralblatt. 1846. S. 320.

Verkohlung in Cylindern.

Um eine zur **Pulverfabrikation** geeignete, **leicht entzündliche** Kohle zu gewinnen, bedient man sich theils gußeiserner Kessel, theils und vorzugsweise gußeiserner Cylinder von 4—6 Fuß Länge und 2 Fuß Durchmesser, deren 2 oder 3 in einer Feuerung gelagert sind. Dieselben sind an einem Ende mit einem Deckel fest geschlossen, in welchem sich, nahe der Peripherie, 4 Röhren befinden, am andern haben sie doppelte Deckel aus Blech, deren Zwischenraum mit Asche, als schlechtem Wärmeleiter, ausgefüllt wird. Das Holz wird in Stäben, die 6 Zoll kürzer sind, als die Cylinder, entweder einzeln oder in Bündeln eingelegt, so, daß dieselben von den Deckeln an beiden Enden abstehen. An eine der beiden oberen Röhren wird eine kupferne Vorstoßröhre angesetzt, welche unter Wasser ausmündet, durch die zweite wird ein Probestab eingesteckt, nach welchem man den Gang des Verkohlens beurtheilt. Sie ist aber während der Zeit, daß der Stab nicht herausgezogen oder hineingesteckt wird, gleich den beiden unteren geschlossen.

Die Cylinder werden gewöhnlich mit Torf geheizt. Die Temperatur darf darin nicht über 312° C. steigen, die Kohlen dürfen nie glimmen. Nach 5 Stunden tritt die Verkohlung ein. Den Gang der Verkohlung beurtheilt man nach der Beschaffenheit der sich entwickelnden, aus dem Ausgangsrohr entweichenden Luftarten und nach der Farbe der Flamme, die sie beim Anzünden geben. Ist letztere violett, so muß der Prozeß, soll die Kohle leicht entzündlich und braun sein, unterbrochen werden. Dies dauert etwa 7 Stunden, vom Anfang der Verkohlung an gerechnet, denn je langsamer man dieselbe leitet, um so besser fällt das Produkt aus. Die Kohle kühlt in den Cylindern, die man sorgfältig verstreicht, aus.

Rothkohle.

Diese Kohle klingt dumpf, hat viele Querrisse, aber noch deutlich die Textur des Holzes, bricht, ohne zu splittern, mit scharfem Bruch, fühlt sich fettig wie Reißblei an, sieht braun aus und heißt daher **braune** oder **rothe** Kohle; sie brennt mit hellblauer Flamme und löst sich fast vollständig in Kalilauge auf. Die Ausbeute beträgt 33 bis 40% vom Gewichte des trockenen Holzes und darüber, im Allgemeinen um so mehr, und von um so besserer Beschaffenheit, je weniger die angegebene Temperatur überstiegen ward. Man braucht 450 bis 500 Pfund Torf zur Erzeugung von 100 Pfund Kohle.

Darstellung der Rothkohle in Meilern.

Die **Rothkohle** hat später eine allgemeinere Wichtigkeit erhalten. Die Verkohlung hat nämlich, wie angegeben, den Zweck, die Masse der brennbaren Theile in einem bestimmten Volum zu vermehren. So hat ein Kubikfuß Buchenholz = 20 Pfund nach Abzug seines Sauerstoff- und Wasserstoffgehaltes, gegen 9 Pfd. brennbare Theile; ein Kubikfuß Buchenkohle dagegen enthält **nur** brennbare Theile und wiegt 12 Pfd. Man hat also durch die Verkohlung die Masse der brennbaren Theile um ⅓ für einen Kubikfuß vermehrt. Hieraus folgt indessen nicht, daß man, um dieses Resultat zu erhalten, die Verkohlung wie beim Meiler völlig beendigen müsse, was schon Berthier angedeutet und Sauvages durch Versuche nachgewiesen hat. Letzterer verkohlte 5 gleiche Mengen lufttrockenes Holz nach

einander in einem Ofen, und unterbrach den Prozeß jedesmal zu einer anderen Zeit, um die Produkte verschiedener Grade der Verkohlung auf Gewichts- und Maßverlust und die Menge der brennbaren Theile zu untersuchen. Er fand, daß

100 Pfd. Holz nach	3 St.	4 St.	5 St.	5½ St.	6½ St.	als Meilerkohle
wogen	65,4 Pfd.	53 Pfd.	47 Pfd.	41,5 Pfd.	39,1 Pfd.	17,2 Pfd.
und 100 K.-F. maßen	86 K.-F.	76 K.-F.	58 K.-F.	55 K.-F.	52 K.-F.	33 K.-F.

und an brennbaren Theilen enthielt 1 Kubikfuß Holz

	908 Gewichtstheile
3 Stunden gekohlt	883
4 " "	904
5 " "	1133
5½ " "	1091
6½ " "	1136
als Meilerkohle	1069

Es nimmt sonach die Menge der brennbaren Theile für gleiche Volume bei 5½stündiger Verkohlung nicht mehr zu, weiteres Glühen verursacht einen absoluten Verlust ohne Ersatz, und es ist vortheilhafter, die Verkohlung schon vor der Bildung der Meilerkohle abzubrechen. Diese unvollkommene, nur bis zum Maximum der brennbaren Theile fortgesetzte Verkohlung, oder die Erzeugung der Rothkohle, hat bereits in Frankreich und Belgien Eingang gefunden, wo man sich einer Art Meilerverkohlung dazu bedient.

Die Meiler sind haufenartig, langgestreckt, über einem mit Eisenplatten bedeckten, horizontal im Boden angelegten Kanal aufgerichtet. Die heißen Gasarten einer am einen Ende befindlichen Feuerung werden durch die Bewegung eines Ventilators genöthigt, sich in den Kanal und von da durch eine Längenspalte in der ganzen Länge der Eisenplatten in das darüber geschichtete Holz zu verbreiten. Von Außen ist der Haufen mit einer Erddecke versehen, mittelst welcher man den entweichenden Gasarten den Austritt nur da gestattet, wo man die Hitze hinleiten will.

Verkohlung des Holzes in Oefen mit Luftzutritt.

Man benutzt zur Verkohlung des Holzes auch Öfen mit Zutritt der atmosphärischen Luft. Diese Art der Verkohlung unterscheidet sich von der Verkohlung in Meilern und Haufen nur dadurch, daß das Holz nicht von einer beweglichen Decke, sondern von festen Wänden eingeschlossen ist. Sie gestatten bei guter Einrichtung eine genauere Regulirung des Luftzutritts, als die Meiler, allein die durchs Schwinden des Holzes beim Verkohlen entstehenden leeren Räume, wodurch der Luftzutritt gestattet wird, sind nicht zu vermeiden. Man bedient sich dieser Öfen meistens nur, wo die fabrikmäßige Gewinnung der Nebenprodukte beabsichtigt wird.

Den Luftzutritt regulirt man durch Registeröffnungen, ähnlich wie bei den Meilern. Die Form der Öfen ist wegen des dichteren Zusammensetzens des Holzes am besten länglich viereckig. Die beiden langen Seiten-

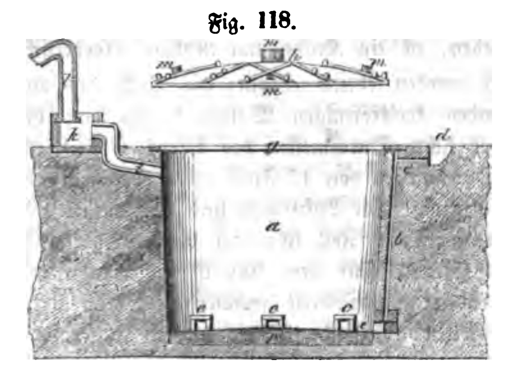
mauern tragen ein Tonnengewölbe, welches von den schmalen Giebelmauern an beiden Enden geschlossen wird. In diesen befinden sich die Öffnungen zum Einsetzen des Holzes und Ausziehen der Kohle, die während der Verkohlung zugemauert und von Außen mit eisernen Thüren geschlossen sind. Rings um den Ofen sind 2 Reihen Öffnungen von 1½ Zoll Durchmesser, in Abständen von 3 Fuß auseinander, die eine Reihe in der Höhe der Sohle des Ofens, die andere 1½ Fuß höher. Eine 6 Zoll hohe Öffnung dient zum Anzünden des Holzes durch eine beim Einsetzen desselben besonders ausgesparte Feuergasse. Sie wird nach dem Einbringen des Feuers vermauert. Die Gase und Dämpfe ziehen durch ein 6 Zoll weites kupfernes Rohr, welches im Gewölbe angebracht ist, nach den Condensationsräumen. Anfangs bleiben die Registeröffnungen offen, werden aber im Verhältnisse, als die Verkohlung vorschreitet, mit passenden Stöpseln geschlossen. Eine rasche Verkohlung vermindert die Kohlenausbeute. Nach der völligen Verkohlung werden die Register mit Lehm fest verstrichen und der Ofen abgekühlt, wozu nach der Größe 8, 12 bis 14 Tage erforderlich sind. Man erstickt auch mit Wasser die Glut im Ofen.

Bei langsamer Verkohlung, wenn die Register, sobald sich dicke Theerdämpfe zeigen, fast ganz geschlossen werden, ist die Kohlenausbeute an solchen Öfen nicht geringer, als bei der Verkohlung unter beweglichen Decken. Wenn demnach der Werth der gewonnenen Nebenprodukte die Erbauungs und Unterhaltungskosten des Ofens und die größeren Verkohlungskosten übersteigt, so ist die Verkohlung in solchen Öfen vortheilhafter, als die in Meilern und Haufen [1]).

Verkohlungsofen mit Luftzutritt von Chabeaussière

Ganz nach demselben Princip, nur mit geringerem räumlichen Inhalte ist der Ofen von de la Chabeaussière. Er bedient sich sowohl unterirdischer Öfen und Gruben, als auch ganz nach derselben Art construirter Öfen über der Erde. Fig. 118 zeigt den senkrechten Durchschnitt und Fig 119 den Grundriß eines solchen Ofens.

Fig. 118.

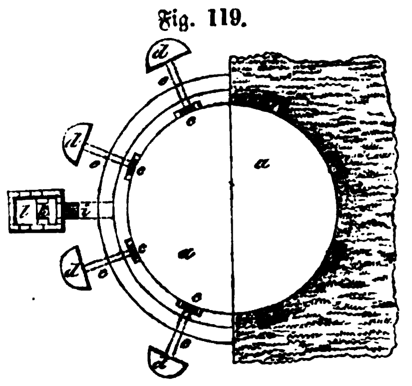


Es wird eine Grube *a* von 10 Fuß oberem und 9 Fuß unterem Durchmesser und 9 Fuß Tiefe gegraben, die Wände festgeschlagen und mit Rasen bekleidet. Rings um die Grube werden in gleichen Abständen 8 senkrechte, 6 Zoll ins Gevierte weite Kanäle *b* niedergetrieben, die durch kurze, horizontale, in den Ofen aus-

1) Eine Abbildung eines solchen Ofens, welcher 1780 bei Ankarsrums-Hütte in Schweden aufgeführt wurde, findet sich in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen 1827 auf Taf. 2, nebst Beschreibung auf S. 58 u. 66.

mündende gemauerte Kanäle *cc* der atmosphärischen Luft Zutritt zum Ofen verschaffen. Die senkrechten Luftkanäle sind oben bedeckt, gehen aber durch ein kurzes horizontales Rohr *ee* in kleine Gruben *dd* aus, in denen man sehr leicht, ohne daß der senkrechte Kanal selbst durch hineinfallende Erde u. dgl. verstopft werden kann, die Öffnungen derselben verschließen kann. Die Sohle *f* des Ofens ist von Thon, von der Mitte nach der Peripherie hin abfallend geschlagen, der obere Rand der Grube mit einem Kranze *g* von Mauersteinen eingefaßt, um darauf den eisernen Hut *h* ruhen zu lassen, der bei der Verkohlung die Grube bedeckt. 9 Zoll unter diesem Mauerkranz ist ein 9zölliges Loch, in welchem eine sanft ansteigende Röhre *i* von 2 Fuß Länge lagert, sich dann aufwärts biegt und seitwärts in einen gemauerten Behälter *k* ausmündet, welcher über der Erde aufgeführt ist. Dieses Bassin kann mit Eisenplatten bedeckt werden, hat 2 bis 3 Zoll über der Sohle eine Abzugsöffnung für die Säure und den Theer und in der einen befestigten Deckplatte ein Rohr *l* zur Abführung der Gase. Will man aber Säure und Theer möglichst vollständig gewinnen, so muß ein Fässerapparat mit Verbindungsröhren angewendet werden. Der Hut *h* wird aus starkem Eisenbleche zusammengenietet und durch Rippen verstärkt; er hat $10^1/_2$ Fuß Durchmesser, ist flach gewölbt, wiegt 5 bis $5^1/_2$ Centner und wird mittelst langer Hebel und untergelegter Walzen fortbewegt. In der Mitte ist ein 9zölliges Loch *m* mit einem Hals und Stürze, die gut aufpassen muß, ebenso sind noch 4 kleinere Öffnungen *mmmm* von 4 Zoll Durchmesser, 1 Fuß vom Rande abstehend, angebracht, gleichfalls mit Hälsen und Stürzen. Um die Kohlen auszuziehen, ist ein Krahn mit Rollen erforderlich.

Fig. 119.



Die Öfen über der Erde werden ebenso erbaut; die Dicke des aus Erde und Rasen aufzuführenden kreisförmigen Walles beträgt an der Sohle 8 Fuß. Wenn also der lichte Durchmesser des Ofens 9 Fuß ist, so hat der ganze Ofen einen Durchmesser von 17 Fuß. Am oberen Rande ist die Stärke des Erdwalls 3 Fuß. Die Luftlöcher sind horizontale Kanäle, in denen irdene Röhren liegen, 6 Zoll über der Grubensohle ausmündend, 8 im Umkreise des Ofens. Für den Hut ist ein Krahn mit Ketten vorhanden. Aus dem oben angebrachten gemauerten Bassin steigt die Gas, Dampf und Flüssigkeiten ableitende Röhre in den Fässerapparat nieder.

Die Aufstellung des Holzes ist wie in den horizontalen Meilern, das Anzünden geschieht in dem senkrechten Quandelkanal mittelst glühender Kohlen. Der Hut wird einige Zoll hoch mit Erde bedeckt und von Anfang an alle Zuglöcher an der Peripherie des Ofens und im Deckel

geöffnet, dann aber mehr oder minder geschlossen, je nachdem es erforderlich ist. De la Chabeaussière will in 8 Öfen jährlich 500 Decastère Eichenholz verkohlt und daraus 16,000 Hectoliter oder 64,000 franz. Pfund, oder etwa 25% Kohlen, nebst dem noch Theer, und 30,000 Velten Holzsäure von 2 bis 5° Baumé erhalten haben, also in preußischem Maße von 1500 Klaftern Holz 19,111⅓ Scheffel Kohlen oder 66,976 Pfund.

Grubenverkohlung.

Auch die **Grubenverkohlung**, welche noch jetzt in Schweden und Rußland betrieben wird, gehört hierher. Man gräbt an der Seite eines Bergabhanges eine kegelförmige Grube, die Spitze nach Unten gekehrt. Von hier aus leitet man in einer etwas geneigten Rinne die flüssigen Produkte nach Außen in die untergestellten Fässer. Man füllt die Grube mit zerkleinertem Nadelholz, bedeckt das letztere mit Ästen und Erde, stößt in diese einige Öffnungen, um Zuglöcher anzubringen. Das Anzünden geschieht von Oben. Man hat auch wohl ausgemauerte Gruben. Bei dieser Verkohlungsart gewinnt man hauptsächlich Theer, wie in Schweden und Rußland. Auf dieselbe Weise gewinnt man in Rußland den Birkentheer (**Birkenöl oder Dagget**), indem man in 20 bis 25 Fuß tiefen Gruben, die nach Unten sich beträchtlich verengen, Abflußröhren haben und deren Seitenwände mit Holz ausgesetzt sind, Birkenrinde fest einstampft; obenauf legt man Stroh und zündet durch die in der oberen Decke von Rasen und Erde angebrachten Zuglöcher das letztere an.

Man hat auch zur Ersparung des vielen Brennmaterials, welches bei der Erhitzung, von den Wänden aus, in geschlossenen Öfen aufgeht, durch in dem Ofen hin und her geleitete eiserne Röhren beizutragen gesucht, welche die heiße Luft der Feuerung durchzieht. Durch diese Erheizungsart mag wohl auf der einen Seite an Brennmaterial gespart werden, auf der andern Seite muß aber auch viel heiße Luft unbenutzt aus der Mündung der Röhren entweichen.

Der Verkohlungsofen von Schwartz.

Schwartz in Stockholm schlug daher vor, die glühenden Gasarten, welche die Flamme bilden, da dieselben kein Sauerstoffgas mehr enthalten, statt durch Röhren unmittelbar in den Verkohlungsofen zu leiten, wodurch die kostbaren eisernen Röhren und an Brennmaterial gespart werde. Doch sollen die in Schweden hierüber angestellten Versuche kein günstigeres Resultat geliefert haben, als die Verkohlung unter beweglichen Decken. Durch die große Hitze entstehen leicht Risse im Ofen, wo dann die Luft viel weniger vollständig abgehalten werden kann, als durch die Decke von Erde und Kohlenlösche. Man hat daher auch diesen Ofen aufgegeben. Er hat übrigens den Vorzug vor den meisten Verkohlungsöfen, daß er die Verkohlung ganz im Großen gestattet, was bei den übrigen von Außen geheizten Öfen der Fall nicht ist, da dort die Hitze von den Wänden aus nicht bis ins Innere dringen würde; hat aber mit allen Verkohlungsöfen den Nachtheil, daß nicht selten das Holz sehr weit hergebracht werden muß, wodurch also seine Vortheile sehr leicht wieder verloren gehen. Theer und besonders Holzsäure liefert er in großer Menge. Einige wenige solcher in beständiger Wirksamkeit sich befindender Öfen könnten ganz Europa mit

Holzsäure versehen, wenn die erhaltene Säure mit Kalk gesättigt und eingetrocknet ein Ausfuhrartikel werden würde. Sie könnte zu einem äußerst geringen Preis verkauft werden, wenn man die Einrichtung träfe, daß man die Hitze bei der Verkohlung zum Abdampfen des holzsauren Kalks verwenden könnte[1]).

Harz- und Pechsiederei.

Harz- und Pechsiederei.

Obgleich das meiste Pech bei der Destillation des Theers (vgl. S. 644) gewonnen wird, so ist doch hier auch noch die für manche Gegenden nicht unwichtige Darstellung desselben aus dem von lebenden Nadelholzbäumen gesammelten Harze zu berücksichtigen.

Das Harz, welches man aus den Nadelhölzern, namentlich aus Fichten in Gegenden erhält, wo das Holz so wohlfeil ist[2]), daß durch die Harzbenutzung mehr gewonnen wird, als der dadurch verminderte Zuwachs und das Verderben am Holze beträgt, gewinnt man dadurch, daß man im Frühjahre, ehe der Saft in Bewegung kommt, auf der Sommerseite des Stammes einen 3 Fuß langen und 1 bis 1½ Zoll breiten, nach Unten keilförmig zulaufenden Streifen Rinde bis auf den Splint, 2 Fuß von der Erde entfernt, wegnimmt.

Das aus dieser Rinne (Laache) hervordringende und an der Luft erhärtende Harz wird im kommenden Juli und August gesammelt, während man bei der Sammlung des Terpentins das Vertrocknen des Weichharzes dadurch hindert, daß man die in der Rinde befindlichen Harzbeulen anbohrt und den ausfließenden Saft sogleich (gewöhnlich in angelegten Ochsenhörnern) auffängt.

Der nach der ersteren Art gesammelte, an der Luft durch Verdunstung eines Theiles seines ätherischen Öles (**Terpentinöl**) vertrocknete Terpentin heißt **weißes Harz**, **Fichtenharz** oder (besonders der aus Pinus maritima erhaltene) **Galipot**, welches als solches wenig oder keine Anwendung findet und daher durch künstliche Zubereitung in Pech, Colophonium und Terpentinöl verwandelt wird. Man begreift die hierzu nöthigen Operationen unter dem Namen der **Pechsiederei**.

Wird das Fichtenharz für sich geschmolzen und durch Stroh geseiht oder ausgepreßt, so erhält man das **gewöhnliche Pech**. Das erst bei stärkerem Drucke ausfließende nicht ganz klare Harz heißt **schwarzes Harz**, **schwarzes** oder **braunes Pech**. Die Preßrückstände, mit Harz getränkte Holz- und Rindentheile, **Pechgrieven** werden zur Kienrußbereitung

---

1) Eine Abbildung eines zu Brevfenshütte erbauten Schwartz'schen Ofens findet sich in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. 1827. Taf. I. S. 48. — Über Holzessigbereitung vgl. auch Leuchs, J. C., Die Holzessigfabrikation. 2. Ausg. Nürnberg, Leuchs & Comp. 1846. 15 Ngr. oder 54 Xr.

2) Über die Einträglichkeit der Benutzung der Schwarzföhre auf Harz im Vergleich mit dem Holzwerth s. Hlubek's ökonom. Neuigkeiten und Verhandlungen. 1847. Nr. 14. S. 110.

verwendet. Destillirt man dagegen das rohe Fichtenharz mit Wasser, wobei sein Gehalt an Terpentinöl (10—15%) fast gänzlich übergeht, schmilzt dann den Rückstand, welcher ebenso wie der bei der Destillation nicht völlig von Terpentinöl befreite Terpentin, **gekochter Terpentin** heißt, und seiht denselben durch, so erhält man das **weiße** oder **Burgunder Pech**, welches noch weniger Terpentinöl als der gekochte Terpentin enthält.

Wird der gekochte Terpentin heiß mit 15% Wasser stark umgerührt, so wird er undurchsichtig, schmuziggelb und heißt dann **gelbes Fichtenharz** oder **gelbes Pech**, welches nach damit angestellten Versuchen 4 bis 6% Wasser enthält und in gelben undurchsichtigen, zerreiblichen Kuchen von glasartigem Bruche und schwachem Geruche vorkommt und zwischen den Fingern erweicht. Man fertigt aber auch gelbes Harz aus 3 Theilen Kolophon und einem Theile weißem Harz, welche man zusammenschmilzt, durch Stroh seiht und mit Wasser behandelt.

Wird das weiße oder burgundische Pech so lange für sich geschmolzen, bis es allen Terpentingeruch verloren hat, durchsichtig und rothgelb geworden ist, wobei es eine theilweise Zersetzung erleidet, so hat man das **Geigenharz** oder **Kolophonium**, welches je nach der Hitze, welche es ausgehalten hat, hell, bräunlichgelb oder dunkelbraun und undurchsichtig ist, in dünnen Stücken aber gelb oder rothgelb, glasglänzend, spröde, von muscheligem Bruche, ohne merklichen Geruch und Geschmack.

Man läßt, um diese Schmelzung und Reinigung des Fichtenharzes vorzunehmen, mehrere kupferne Kessel so einmauern, daß nur der Boden jedes Kessels vom Feuer berührt wird und daß keine Flamme aus dem Schürloche an die Harzmasse schlagen und dieselbe entzünden kann. In diesen Kesseln schmilzt man entweder das Harz für sich, bei Anfangs gelindem, dann allmälig verstärktem Feuer unter fortwährendem, langsamen Umrühren, oder man bedeckt den Boden des Kessels 2—3 Zoll hoch mit Wasser und füllt ihn dann allmälig zu 4/5 mit rohem Harz an, das man durch vorsichtig verstärktes Feuer zum Schmelzen bringt. Man füllt hierauf mit dem geschmolzenen Harze einen groben leinenen, zuvor naßgemachten Sack zu etwa zwei Drittel, bindet ihn fest zu, bringt ihn dann unter eine einfache Presse, drückt das flüssige Harz langsam aus und fängt es in kleinen Tonnen oder Kübeln von Tannenholz auf, sammt denen man es verkauft, oder man schöpft das oben aufschwimmende klare Harz sogleich in die Kübel und bringt blos das untere mit Unreinigkeiten vermengte in einen großen aus Draht sehr dicht gestrickten Sack, welcher, damit er nicht zu bald erkalte, zwischen zwei stark geheizten Öfen ausgepreßt wird. Man erhält aus 100 Pfund Fichtenharz 50 Pfund braunes und 2 Pfund schwarzes Harz. Der Aufwand für die Reinigung des Harzes verhält sich in der Regel zum Erlös, wie 1 zu 3, bei niedrigen Harzpreisen wie 1 : 2.

Um das Fichtenharz mit Wasser zu destilliren, verfährt man wie bei gewöhnlichen Destillationen, schüttet das zuerst übergehende gefärbte Wasser so lange weg, bis es einen Überzug von Terpentinöl zeigt. Die ganze

Operation dauert gewöhnlich zwei Stunden. Man arbeitet abwechselnd in zwei in einem Ofen eingemauerten Destillirkesseln von etwa zwei Fuß Tiefe und Weite.

Das Terpentinöl wird in der Medicin und Malerei, das Kolophonium zum Bestreichen der Violinbogen, zu Pflaster- und anderen Harzmischungen, das schwarze und braune Pech beim Schiff- und Wasserbau, letzteres auch von Metzgern, zum Pichen verschiedener Gefäße und Rinnen, das weiße zu Windlichtern ꝛc. sehr häufig benutzt.

Kienrußbrennerei.

Kienrußbrennerei.

Wenn man ölige oder harzige Körper bis zu ihrer Zersetzung erhitzt und dabei so viel atmosphärischer Luft Zutritt gestattet, daß der Sauerstoff wohl zur Verbrennung des Wasserstoffs, nicht aber zu der des Kohlenstoffs des entweichenden Kohlenwasserstoffs hinreicht, so setzt sich der Kohlenstoff in Verbindung mit Harz- und Öltheilen als **Ruß** an der Umgebung ab. Den auf diese Weise aus harzigem oder Kienholz bereiteten voluminösen Ruß hat man **Kienruß** genannt, welchen man im Großen gewinnt.

Material zur Kienrußbereitung.

Das beste Holz zum Kienrußbrennen ist harzreiches Kieferholz, besonders von 2—3 Jahr alten Stöcken, auch die übrigen Nadelholzarten geben guten Kienruß, aber weniger, alles Laubholz dagegen wenig und schlechten Kienruß, bis auf die Birkenrinde, welche einen ausgezeichneten Kienruß liefert, welcher sich besonders zur Bereitung der Tusche eignet.

Außerdem sind besonders Theerabgänge, sehr unreines Fichtenharz (Pick- oder Flußharz) und die Abfälle beim Pechsieden, die Pechgrieven zur Kienrußgewinnung anwendbar, weshalb auch die Kienrußbrennerei als Nebengewerbe der Pechsiederei betrachtet wird.

Kienrußofen und Rauchkammer.

Die Vorrichtung zur Kienrußerzeugung besteht im **Kienrußofen** und der **Rauchkammer**.

Will man z. B. Harz oder Theer dazu verwenden, so erhitzt man sie in einem Topfe *a*, zündet sie an und läßt nur wenig Luft hinzutreten. Von dem Ofen, in welchem sich der Topf *a* befindet, geht eine Öffnung in die Rauchkammer, welche hier aus einem runden Häuschen besteht, dessen Wände *b* mit Fellen oder Flanell überzogen sind, und welches oben mit einer schirmartigen Vorrichtung *d* aus grober Leinwand versehen ist; durch diese Leinwand findet der Zug vom Kessel aus statt. Der Kienruß setzt sich theils am Boden, theils an die rauhen Wände, theils an die Leinwand des Schirmes ab. Die schirmartige Einrichtung kann man herunterlassen und dadurch zugleich von den Wänden den Kienruß abstreifen.

Fig. 120.



Der Kienrußofen ist gewöhnlich 2 bis 2½ Fuß im Lichten breit, 3 bis 4 Fuß lang und 2 bis 2½ Fuß hoch, steht auf einer 1½ bis 2 Fuß hohen Mauer, und wird entweder von Backsteinen oder Bruchsteinen errichtet.

Die vordere Seite allein, oder jede der langen Seiten ist mit einem kleinen niedrigen Schürloche versehen, welches nöthigenfalls mit einem Thürchen verschlossen werden kann. Den Kienrußofen verbindet in der Regel ein 14 bis 16 Fuß langer, 12 bis 13 Zoll breiter und ebenso hoher, gemauerter, fast wagrecht ziehender Kanal oder Schlauch mit der Rauchkammer.

Die Rauchkammer hat gewöhnlich 10 bis 12 Fuß im Quadrat, ist ohne Dach 9 Fuß hoch, aus Holz gebaut und mit Fellen ausgekleidet oder mit Bretern verschalt, welche aber dann eine glatte Oberfläche darbieten müssen. Sie besteht bisweilen aus 3 durch Breterböden geschiedenen Abtheilungen. Die beiden unteren Böden haben in der Mitte 5 bis 6 Fuß große quadratische Öffnungen, welche durch grobe Leinwand verschlossen sind, während in die Öffnung der obersten Decke die Spitze des Leinwandschirmes hineinreicht. Auf jedes der drei Stockwerke gelangt man von Außen mittelst Treppen. Entweder ist blos die Rauchkammer mit einem Ziegeldache gedeckt, während der Ofen nebst dem Kanal frei steht, oder es ist alles dies unter ein Dach gebracht.

Sind die Wände der Kammer von Mauerwerk, so müssen si natürlich auch mit einem nicht abbröckelnden, glatten Abputz bedeckt sein, um den Kienruß nicht mit Mörtel zu verunreinigen.

Will man nun aus Kienholz oder Pechgrieven Kienruß in diesen Öfen erzeugen, so zündet man das Material im Feuerraum an, indem man ein helles Flammfeuer dabei verhütet, sogleich neues Material zulegt, wenn die Flamme zum Vorschein kommt, und heizt so 12 Stunden lang fort. Setzt man die Operation länger fort, so setzt sich dann wegen der sich verstärkenden Hitze und vollständigeren Verbrennung des Rauches nur wenig Kienruß mehr an, und es steht eine Entzündung des bereits angesetzten zu befürchten. Da frisch bereiteter Kienruß als ein die Luft sehr begierig absorbirender und bei der hohen Temperatur sich leicht entzündender Körper pyrophorisch wirkt, so darf die Kammer nicht zu früh geöffnet werden. Man bringt ihn dann in den bekannten kleinen Butten in den Handel.

Oft muß man, wenn das Material im Ofen nicht mehr brennen will, den schon zu dick angesetzten Ruß von Außen möglichst abklopfen, um den Zug wieder herzustellen. Wo die Kammer in mehrere Etagen abgetheilt ist, kann man den Ruß derselben für sich sammeln, ebenso den unterhalb angesetzten, weil er um so feiner ist, je weiter entfernt von der Feuerstätte er sich angesetzt hat.

Nach Jägerschmidt geben 100 Pfund Pechgrieven 13,3 Pfund Kienruß.

Der Kienruß ist keine reine Kohle.

Übrigens ist der Kienruß, wie schon angegeben, überhaupt keine reine Kohle, sondern enthält noch so viel Brandharz, daß er von darauf gegossenem Wasser nicht benetzt wird und, um ihn mit Flüssigkeiten mengen zu können, zuvor mit Branntwein befeuchtet werden muß, welcher das Brandharz theilweise auflöst. Er brennt daher beim Erhitzen mit Flamme und gibt bei der trockenen Destillation brenzliches Öl. Nach der Analyse von Braconnot besteht der Kienruß aus:

Kohle	79,1
In Alkohol löslichem Brandharz	5,3
In Alkohol unlöslichem, schwarzem Brandharz	1,7
Schwefelsaurem Ammoniak	3,3
Gyps	0,8
Sand (zufällig)	0,6
Schwefelsaurem Kali	0,4
Phosphorsaurem Kalk (eisenhaltig)	0,3
Humin	0,5
Wasser	8,0
Spur von Chlorkalium und nach Reichenbach auch Naphthalin.	

Gebrauch des Kienrußes u. Reinigung desselben.

Der Kienruß findet als Anstrichfarbe eine sehr verbreitete Anwendung. Um ihn von seinen harzigen Bestandtheilen, welche ihn zum Gebrauche für Druckerei und feinere Malerei unbrauchbar machen, zu reinigen, glüht man ihn in einem bedeckten Tiegel eingestampft aus, oder verkohlt ihn durch unvollständige Verbrennung, indem man ihn in einen Cylinder einstampft, in dessen Centrallinie man durch den Kienruß ein Loch macht, in welchem man ihn anzündet und ihn so unter beschränktem Luftzutritt langsam durchkohlen läßt. Um ihn im Großen zu reinigen, füllt man damit blecherne Cylinder, welche aus zwei mittelst Charnieren verbundenen Hälften bestehen, an, stampft ihn fest ein und legt dieselben in einen weiten gußeisernen Cylinder, der in einer Feuerung eingemauert liegt, vorn mit einem eisernen Deckel geschlossen werden kann, von Hinten aber ein angegossenes eisernes Rohr hat, welches durch ein angesetztes Blechrohr bis zum Feuerherd verlängert ist. So wie die Hitze steigt, werden die flüchtigen und zerstörbaren Beimengungen des Kienrußes theils verflüchtigt, theils zerstört und entweichen in Dampf- und Gasform durch das Rohr und verbrennen in der Feuerung. Sobald das Blechrohr kalt wird, ist die trockene Destillation beendigt. Man öffnet dann den großen Cylinder, zieht die Blechkapsel heraus und trägt eine andere dafür ein. Die **gereinigte Schwärze** liefert nun sowohl mit Wasser, als mit Öl abgerieben eine gute Farbe. Mit Öl abgeriebener Ruß ist gleichfalls sehr pyrophorisch.

Kienrußsurrogat.

Die Vorzüge des Kienrußes oder des Lampenschwarzes für seine technische Anwendung bestehen in der Feinheit seiner Zertheilung. Jones in Chester ließ sich 1846 ein Verfahren patentiren, gewöhnliche Holz- und Torfkohle in ein ebenso feines Pulver zu verwandeln, indem ein Ventilatorgebläse auf das in einer Umrührvorrichtung befindliche Kohlenpulver wirkt. Der Luftzug führt die feinsten Theile des Pulvers in eine lange Kammer, wo sie sich absetzen können, während die Luft abzieht. Das Nähere des Verfahrens findet sich in der illustrirten Gewerbezeitung 1847. S. 343, so wie auch in anderen technischen Zeitschriften.

Pottaschensiederei.

Pottaschensiederei.

In Gegenden, wo das Holz überhaupt wenig, oder manche Holzart keinen Absatz findet, wie in Schweden, Polen, Rußland und Nordamerika, oder wo der Ertrag der Pottasche den vom verkauften Holze übersteigt, oder wo Windwürfe so häufig vorkommen, daß ihre Aufarbeitung zu Brennholz mehr kostet, als die Verwerthung desselben einträgt, oder wo endlich Glashütten und sonstige dergleichen Consumtionsorte für die Pottasche die Erzeugung in der Nähe vortheilhaft machen, da wird das Holz und namentlich die als Brennholz zu verwendenden Holzabfälle zu Asche verbrannt und aus der Asche **Pottasche** gewonnen.

Da sich die in den Pflanzen enthaltenen Salze vorzugsweise im Safte derselben aufgelöst vorfinden, so muß stark ausgelaugtes Holz, Flößholz weniger Asche und Pottasche liefern, als ungeflößtes, der Witterung längere Zeit ausgesetztes weniger als frisch gefälltes, außer der Saftzeit gefälltes weniger als im Safte gefälltes, jedoch vor dem Verbrennen langsam und mäßig ausgetrocknetes, weiches Holz weniger als hartes, unreifes weniger als reifes, altes und faules weniger als junges und gesundes, Stämme weniger als Zweige, Zweige weniger als Blätter, Bäume weniger als Sträuche, Sträuche weniger als Kräuter. Über die Aschengehalte verschiedener Pflanzen und deren Theile vgl. S. 385—389.

Nach Karsten liefern 100 Theile folgende Vegetabilien:

Junges Kieferholz . . .	0,120
Altes " . . .	0,150
Junges Fichtenholz . .	0,15
Altes " . . .	0,15
Junges Eichenholz . . .	0,15
Altes " . . .	0,11
Junges Tannenholz . .	0,225
Altes " . . .	0,250
Junges Birkenholz . .	0,25
Altes " . . .	0,30
Roggenstroh	0,30
Junges Weißbuchenholz .	0,32
Altes " . . .	0,35
Junges Ellernholz . . .	0,35
Altes " . . .	0,40
Junges Rothbuchenholz .	0,375
Altes " . . .	0,40
Lindenholz	0,40
Rohrstengel	1,70
Farrenkrautstroh . . .	2,75

Zu verschiedenen Jahreszeiten liefert das Holz nach Grabner folgende Aschenprocente:

	im August	November	Februar	Mai
Fichte	1,5	1,6	1,7	1,6
Schwarzföhre .	1,5	2,6	3,2	2,2
Weißföhre . .	1,6	1,7	1,9	1,7
Rothbuche . .	1,6	2,0	2,8	2,5
Weißtanne . .	1,7	1,6	1,8	2,2
Lerche	1,8	1,3	2,3	1,8
Traubeneiche . .	1,9	2,1	2,2	2,3
Espe	2,1	1,5	1,8	1,7
Birke	2,3	1,7	2,3	1,9
Weißbuche . .	2,4	2,2	2,1	1,9
Zerreiche . . .	2,5	1,8	1,7	1,5

Nach Höß liefern 100 Theile:

	Asche	Pottasche
Fichtenholz	0,34	0,045
Buchenholz	0,58	0,127
Eschenholz	1,22	0,074
Eichenholz	1,35	0,150
Ulmenholz	2,55	0,390
Weidenholz	2,80	0,285
Weinreben	3,40	0,550
Farrenkraut	3,64	0,425
Wermuth	9,74	7,300
Erdrauch	21,90	7,900.

Nach den Versuchen von Vauquelin, Pertuis, Kirwan und Saussure liefern 1000 Theile nachstehender Holzarten und anderer Vegetabilien folgenden Durchschnittsertrag an Pottasche:

Fichte	0,45
Pappel	0,75
Klee	0,75
Buche	1,45
Eiche	1,53
Buchsbaum	2,26
Weide	2,85
Rüster	3,90
Weizenstroh	3,90
Rinde von Eichenästen	4,20
Disteln	5,00
Wollgras	5,00
Kleine Binse	5,08
Weinreben	5,50
Gerstenstroh	5,80
Trockene Buchenrinde	6,0
Farrenkraut	6,26
Große Binse	7,22

Maisstengel	17,50
Kuhdistel	19,60
Bohnenstengel	20,0
Sonnenblumenstengel	20,0
Brennnesseln	25,03
Wickenkraut	27,50
Disteln	35,37
Trockene Weizenstengel vor der Blüte	47,0
Wermuthskraut	73,0
Erdrauchkraut	79,0

Zur Vergleichung mögen auch noch folgende Angaben dienen[1]):

100 Theile enthalten	Asche	darin Pottasche	nach
Dahlia mit Blüten und Blättern .	7,992	1,998	Abbene
Stengel der Dahlia nach dem Blühen	4,457	0,360	"
Knollen der Dahlia	9,916	1,344	"
Zweige der Platane	2,305	0,230	"
" " Robinia	2,459	0,256	"
Blätter der Platane	9,222	1,844	"
Traubenstiele	8,888	4,166	"
Weinreben	4,666	1,275	"
Weintrebern von Asti	7,291	1,488	Blengini
" " Venda di Cirie .	3,571	1,339	"
Trockene Weinbeerschalen	"	5,088	"
Weintraubenstiele	"	3,981	"
Weinbeerkerne	"	0,095	"

Das ganze Verfahren bei der Pottaschensiederei zerfällt in 4 Operationen: die Gewinnung der Asche oder das **Aschebrennen**; das **Auslaugen** der Asche, das **Einsieden** der Lauge zu Pottasche und das **Calciniren** der Pottasche.

Das Aschebrennen.

Die Asche wird entweder in den Feuerungen, wo man Holz brennt, gesammelt, oder man verbrennt gleich im Walde, an Orten, wo keine Feuergefahr zu befürchten ist, in einer verhältnißmäßig großen Grube, welche man an einem Abhange macht und am Grunde mit Steinen belegt, das Holz verschiedener Waldbäume, welches auf keine andere Art vortheilhaft abgesetzt werden kann, Raff- oder Leseholz, Laub und krautartige Gewächse, Forstunkräuter, Farren zu einer Zeit, wo es nicht regnet, und sammelt dann die Asche zum weiteren Gebrauch an einem trockenen Orte unter Dach.

Eine mäßige Flammenentwickelung liefert mehr Asche, als eine grelle Hitze, weil bei der anfänglichen Entwickelung der Wasserdämpfe sonst viel Alkali mit entweicht.

Die Asche.

Die Pflanzenasche, oder der beim Verbrennen der verschiedenen Vegetabilien bleibende feuerbeständige Rückstand ist, wie schon oben (S. 390)

1) Pharm. Centralbl. 1839. S. 297 aus Journ. de Pharm. 1839. Jan. S. 30—31.

angegeben wurde, ein Gemenge aus Kali, Natron, Kalkerde, Bittererde, Eisenoxyd, Manganoxyd, theils frei, theils mit Kieselsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure, Chlor verbunden nebst freier Kieselsäure, selten mit Thonerde und Spuren von Kupfer. Von diesen Substanzen macht der kohlensaure Kalk oft die Hälfte und darüber aus, die andere Hälfte ist in der Regel größtentheils kohlensaures Kali. (Das Genauere über die Zusammensetzung der Asche vgl. oben S. 385—390). Die Asche bildet ein Pulver von einer durch beigemengte Kohlentheile je nach der bei der Verbrennung stattgefundenen Hitze mehr oder weniger grauweißen Farbe, welche gewöhnlich etwas ins Bräunliche zieht, von unvollständig verbrannten Zersetzungsprodukten, wie Brandharz ꝛc., die man hier gewöhnlich mit Extraktivstoff bezeichnet.

Feuergefährlichkeit heißer Asche.

Die Mengung der Asche mit kleineren und größeren Kohlentheilen war schon häufig die Ursache von Brandunfällen, wenn die Asche, so lange erstere noch im Glühen waren, mit brennbaren Körpern in Berührung kam. Wenn einzelne glühende Kohlen so auf den platten Boden gelegt werden, daß sie nicht, wie auf einem Rost, einen Luftzug von Unten erhalten, verlöschen sie vermöge der raschen Wärmeentziehung sehr bald. Wird aber eine glühende Kohle so von einem schlechten Wärmeleiter, wie Kreide, Magnesia, Asche u. dgl. umgeben, daß nur ein kleiner Theil ihrer glühenden Oberfläche mit der Luft in Berührung steht, so erfolgt die Verbrennung derselben sehr vollständig und die dabei entwickelte Wärme bringt einen großen Theil des pulverförmigen Körpers ins Glühen.

Plummer[1]) stellte hierüber eigene Versuche an. Als er aus einer Pinte gesiebter Holzasche auf einem zusammengefalteten Papier einen 4 Zoll hohen kegelförmigen Haufen gebildet, eine nur an einer einzigen Ecke angezündete Kohle auf die Spitze desselben gelegt und sehr lose zugedeckt hatte, fand er die Kohle nach 17 Minuten durchaus glühend. Er deckte wieder zu und nach 11 Minuten war das unterliegende Papier und Bret ganz warm. Durch eine Spalte des Bretes sah er das Innere des Haufens roth-, wo nicht weißglühend. Nach einer Stunde vom Anfang des Experiments war die Kohle noch nicht ganz verbrannt. Wie Kohle verhielt sich auch Kreide und Magnesia, nicht aber trockener gebrannter Gyps, Erde, feiner Sand und verschlackte Holzasche. Diese starke Erhitzung ist also blos der geringen Wärmeleitung und Ausstrahlung der Asche zuzuschreiben.

Zusammendrückbarkeit der Asche.

Für die Zusammendrückbarkeit der Asche ergibt sich nach Plummer's Versuchen folgendes Verhältniß: das lockere Maß voll = 100 wurde Asche im Volum reducirt auf 25, Kreide und Magnesia auf 50, Gyps und gemeine Erde auf 69, verschlackte Asche auf 86, Sand auf 88. Der Sand konnte durch Schütteln auf ein kleineres Volum reducirt werden, als durch die angewandte Kraft.

---

1) Vgl. Sturgeon's Ann. of Electricity and Chemistry, oder Dingler's polytechn. Journal. Aprilheft 1843, oder Wiener polytechn. Journ. 1843. S. 495.

Auslaugen der Asche.

Um das kohlensaure Kali von den ihm in der Asche beigemengten Substanzen in dem Maße zu reinigen, wie es bei der Pottaschensiederei geschehen kann, muß es vor Allem durch das **Auslaugen** der Asche von den unauflöslichen Stoffen getrennt werden. Man bringt sie in die etwa 3 Fuß hohen, oben 3½ bis 4 weiten, unten aber etwas schmaleren Laugenfässer mit doppeltem Boden (**Äscher**), wovon der obere 3 bis 4 Zoll vom unteren entfernt, durchlöchert und mit Stroh oder Strohmatte bedeckt ist, feuchtet sie an und stampft sie fest ein. Dann laugt man Anfangs mit kaltem, dann mit heißem Fluß- oder Regenwasser aus, bis alle auflöslichen Theile ausgezogen und die Asche erschöpft ist, bis das durch einen über dem unteren Boden angebrachten Hahn abfließende Wasser nicht mehr salzig schmeckt. Man stellt die Laugefässer terrassenartig übereinander, so daß man die schwache Lauge des oberen auf ein unteres Faß zapft, bis die Lauge gehörig concentrirt, **siedewürdig** geworden ist und wenigstens 20% Pottasche nach dem Aräometer enthält. Die Lauge wird nun in flachen Gefäßen unter öfterem Umrühren der Luft ausgesetzt, um das mit aufgelöste kieselsaure Kali zu bestimmen, Kohlensäure aus der Luft aufzunehmen und Kieselsäure dagegen abzusetzen.

Die ausgelaugte Asche dient als Dünger für lehmigen Boden, feuchte Wiesen und wird auch an die Glashütten zur Darstellung des grünen und schwarzen Glases verkauft. Man kann aber auch das in der ausgelaugten Asche zurückgebliebene Kali, welches darin mit der Kieselsäure und Thonerde eine unlösliche Verbindung bildet, gewinnen, wenn man die ausgelaugte Asche längere Zeit in Haufen mit Zusatz von gebranntem Kalk liegen läßt, welcher die unlösliche Verbindung zersetzt. Man erhält dann durch Auslaugen eine Flüssigkeit, die oft reicher an Alkali ist, als die zuerst erhaltene Lauge.

Einsieden der Aschenlauge.

Die siedewürdige Lauge bringt man in eiserne Vorwärm- und Siedepfannen und **dampft ab**, während stets die verdunstete Flüssigkeit durch neue Lauge aus einer Tropfbütte ersetzt wird. Hat aber die Lauge die Syrupdicke erreicht, so läßt man keine neue mehr zu, sondern dampft unter Umrühren zur Trockne ein, bis man endlich nicht mehr umrühren kann, entfernt das Feuer und schlägt nach dem Erkalten die Pottasche heraus. Das Produkt heißt **rohe Pottasche** oder **Pottaschenfluß**, es bildet eine an der Luft zerfließliche Masse von mehr oder weniger grauer, bräunlicher, dunkelbrauner, auch oft beinahe schwarzer Farbe, welche durch die in der Asche enthaltenen unvollständig verbrannten organischen Theile verursacht wird, die beim Auslaugen mit aufgelöst wurden. Die rohe Pottasche wird als solche nicht in den Handel gebracht, wohl aber in Glashütten und Salpetersiedereien gebraucht.

Calciniren der Pottasche.

Um die Pottasche in einen Handelsartikel umzuschaffen, wird sie **calcinirt**, um den braunfärbenden Extraktivstoff vollständig zu verbrennen und um sie von dem noch anhängenden Wasser zu befreien. Das Calciniren geschah ehedem in eisernen Töpfen, Potten, woher auch der Name Pottasche, jetzt aber in eigenen Calciniröfen (Flammöfen), deren Herd

10 bis 12 Fuß lang und 4 bis 5 Fuß breit ist. Fig. 121 und im Durchschnitt Fig. 122 nach der Linie *a b* des Grundrisses Fig. 123 ist ein Calcinirofen, der von zwei Seiten *c c* geheizt wird, mit dem Calcinirherd *f* in der Mitte. Fig. 124 stellt einen Calcinirofen neuerer Construction im Längenprofil vor, wo nur von einer Seite geheizt wird, Fig. 125 im Grundriß, *a* ist der Aschenfall, *b* die Roststäbe, *c* die Feuerbrücke, eine Mauer, welche das Brennmaterial von der Pottasche trennt, *d* der Herd zur Aufnahme der Pottasche, *e e* Füchse (Abzugskanäle für den Rauch), welche zu zwei Rauchröhren *f f* führen, die sich weiter oben in eine Esse vereinigen, *g* Schieber zur Regulirung des Zugs, *h* Heizthür, *i* Thüre zum Einbringen der Pottasche, *k* Thüre zum Umrühren der Pottasche, *l* Rolle zum Auflager des Hakens bei dieser Operation, *m* Raum über dem Ofen, welcher zum Abdampfen der Pottasche ꝛc. benutzt werden kann. Man setzt bei der angegebenen Größe des Ofens 4 bis 500 Pfund ein, verstärkt das Feuer allmälig, arbeitet die Masse mit einem eisernen Haken durch, bis keine kohligen Überbleibsel mehr zu bemerken sind und das Ganze dickflüssig geworden ist.

Fig. 121.



Fig. 122.



Fig. 123.

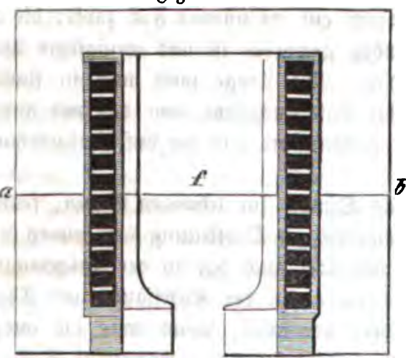


Fig. 124.

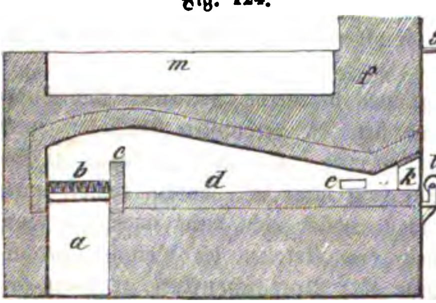
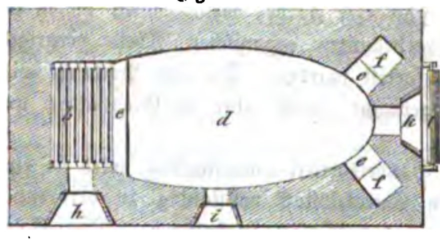


Fig. 125.



Durchs Calciniren verliert die rohe Pottasche 20 bis 25 % am Gewicht durch Verbrennen der organischen Theile, Verlust von Wasser und

etwas Kohlensäure, wodurch ein Theil Kali ätzend wird. Die in der rohen Pottasche als kohlensaure Salze enthaltenen Metalloxyde oxydiren sich höher und färben die Masse. Bei zu großer Hitze wird selbst etwas Kali verflüchtigt. Nach 18 bis 24 Stunden, wenn die Masse nicht mehr raucht und ihre dunkle Farbe in eine weiße oder hellblaue verändert hat, ist die Operation beendigt, die Pottasche wird hierauf nach dem Erkalten in Fässer gepackt.

Eigenschaften der Pottasche.

Die Pottasche bildet eine feste Masse, entweder von weißer, oder vermöge eines kleinen Gehaltes von Mangan schwach bläulicher Farbe (**Perlasche**), oder mit bläulichen und grünlichen Flecken von mangansaurem Kali, wie die Danziger und russische Pottasche, theils röthlichgefärbt von Eisenoxyd und einem kleinen Antheil Schwefelkalium, wie die nordamerikanische Pottasche. Sie muß trocken, in größeren Stücken und in gut gebundenen Fässern verpackt sein. Die Farbe ist kein sicheres Kennzeichen der Güte, sondern mehr zufällig von Örtlichkeit, Klima und Boden, worauf die Hölzer wachsen, abhängig, theils von der stärkeren oder schwächeren Calcination.

Die Pottasche besteht außer dem kohlensauren Kali auch aus allen übrigen löslichen Bestandtheilen der Asche, sie enthält daher schwefelsaures Kali, Chlorkalium, mangansaures Kali, auch noch etwas Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und kohlensaure Kalkerde. Bley fand eine sehr kalireiche illyrische Pottasche zusammengesetzt aus:

kohlensaures Kali . .	76,0000
schwefelsaures Kali . .	6,7293
Chlorkalium, phosphorsaures Kali, kohlensaurer Kalk .	0,2707
Kieselsäure	1,0000
Feuchtigkeit	16,0000
	100,0000

Prüfung des Gehaltes der Pottasche mit dem Alkalimeter von Descroizilles.

Um die Pottasche auf ihre Güte, d. h. auf die geringere oder größere Menge der angegebenen Beimengungen, oder auf ihren Gehalt an reinem kohlensauren Kali zu prüfen, untersucht man, wie viel die von den in Wasser unlöslichen Beimengungen abfiltrirte Auflösung Schwefelsäure zur Sättigung erfordert. Man benutzt hierzu das Alkalimeter von Descroizilles. Dasselbe besteht aus einer 8 bis 9 Zoll langen, 7 — 8 Linien weiten, möglichst cylindrischen gläsernen Röhre, die am oberen Ende in eine Schnauze endigt. Der Fuß kann von Glas, Holz oder Blei sein, der Cylinder ist in 100 gleiche Raumtheile getheilt.

Fig. 126.

Man löst 100 Gewichtstheile der zu prüfenden Pottasche in reinem Wasser auf und filtrirt dieselbe. Man bereitet sich ferner eine Probesäure aus 104 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure von 1,84 specifischem Gewichte bei + 15° C., die man in den Glascylinder gießt und mit Wasser

bis zum letzten Theil verdünnt[1]). Man kann sich die Mischung vorräthig machen, muß sie aber in verschlossenen Gläsern aufbewahren.

Man schüttet nun von der Probesäure zu der mit wenigen Tropfen Lackmustinctur blaugefärbten Pottaschenauflösung unter fleißigem Umrühren, und wenn das Aufbrausen schwächer wird, nur tropfenweise, bis die blaue Farbe in die rothe übergeht, violett wird. Da aber die in der Flüssigkeit bei gewöhnlicher Temperatur zurückbleibende Kohlensäure die Flüssigkeit schon roth färbt, ehe noch alles Alkali gesättigt ist, indem das bei der Sättigung gebildete doppeltkohlensaure Kali ohnedies nur schwach alkalisch reagirt, so erwärmt man die Pottaschenlösung zuvor. Die Anzahl der verbrauchten Säureraumtheile gibt den an Kohlensäure und an Kieselsäure gebundenen Kaligehalt der Asche in Gewichtsprocenten, da zur Sättigung von 100 Gewichtstheilen reinen Kalis 104 Gewichtstheile Schwefelsäurehydrat erforderlich sind. Aus dem hierbei erhaltenen Gehalt der Pottasche an Ätzkali berechnet sich auch leicht der an kohlensaurem Kali, denn 100 Theile Ätzkali entsprechen 148 kohlensaurem Kali. Letzteres ist aber für die Praxis unnöthig, da hier unter dem procentigen Gehalte der Pottasche immer der an ätzendem Kali verstanden wird.

Descroizilles, D'Arcet und Blachette haben bei ihren Versuchen mit diesem Alkalimeter folgende Resultate erhalten:

Amerikanische Perlasche 1. Sorte	60 bis 63°
„ ätzende Pottasche 1. Sorte in röthlichen Stücken	60 bis 63°
Amerikanische Perlasche 2. Sorte	50 bis 55°
„ ätzende Pottasche in grauweißen Stücken	50 bis 55°
Weiße russische Pottasche	52 bis 58°
„ Danziger „	45 bis 52°
Blaue „ „	45 bis 52°
Asche von frischem Holz	8⅕°
„ „ Flößholz	4⅙°
Kassubenasche	18 bis 20°.

Alkalimetrie von Will und Fresenius.

Eine andere Methode der Prüfung des Pottaschengehaltes besteht darin, daß man aus dem Gewichte des Verlustes an Kohlensäure, welchen die wie oben bereitete Auflösung von 100 Gran Pottasche erleidet, wenn sie mit einer anderen Säure (Schwefelsäure oder Salzsäure) gesättigt wird, den Gehalt der Pottasche an ätzendem oder an kohlensaurem Kali berechnet.

Man wiegt in ein geräumiges Becherglas 3 bis 4 Loth reine verdünnte Salzsäure, stellt dieses Glas nebst einem ähnlichen mit der Pottaschenauflösung zusammen auf eine Wagschale, bringt die Wage ins Gleichgewicht, gießt dann so lange von der Säure der Pottaschenauflösung langsam zu, bis die Säure etwas vorwaltet, und wiegt dann wieder. 22 Gran

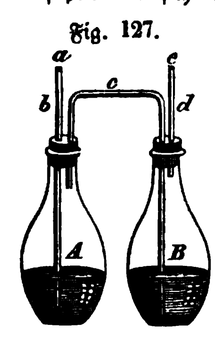
1) Ein solcher vom Mechaniker Öchsle in Pforzheim bezogener Alkalimeter hielt bis an den obersten mit 0° bezeichneten Strich 1½ Unze und 78 Gran destillirtes Wasser bei einer Weite von ¾ Zoll bayrisch und einer Höhe von 11 Zoll bis an den Rand und 9½ Zoll bis an den obersten Strich.

Kohlensäure entsprechen 47 Granen Kali. Diese Methode ist weit leichter und schneller auszuführen, als die vorige und gibt auch nicht wie jene das kieselsaure Kali als kohlensaures an.

Prüfung der Pottasche nach Fresenius u. Will.

Ein ganz genaues Resultat erhält man mittelst dieser Methode nach der Verbesserung von Fresenius und Will, wobei jeder Verlust an Flüssigkeit verhütet wird, welchen die Entwickelung der Kohlensäure in offenen Gefäßen mit sich bringt. Sie benutzen dazu beistehenden Apparat: Die

Fig. 127.



Fläschen *A* und *B*, welche weite Öffnungen haben und 4 bis 5 Loth Wasser fassen, sind mittelst durchbohrter Korke durch die heberförmige Röhre *c* verbunden, welche in *A* gleich unter dem Kork endigt, in *B* aber fast bis auf den Boden reicht. Ebenso tief geht die offene Röhre *ab* in *A*, dieselbe *ed* in *B* nur bis unter den Kork. Die Mündung *a* wird mit einer Wachskugel oder einem Kork verschlossen.

Man erhitzt 10 Gramme Pottasche in einem mit Deckel versehenen Eisenblechschälchen, bis ein darüber gehaltenes Glas nicht mehr anläuft. Der Gewichtsverlust in Decigrammen gibt die Wasserprocente. Hierauf löst man von der entwässerten Pottasche 6,29 Gramme ab, löst sie auf, filtrirt und bringt die Auflösung mit so viel Wasser in *A*, daß dies davon etwa halb voll wird, *B* füllt man zur Hälfte mit Schwefelsäure, stellt den Apparat zusammen und tarirt ihn auf der Wage.

Nun saugt man ein wenig Luft durch *e* aus, so daß auch aus *A* Luft heraustritt. Beim Aufhören des Saugens bleibt dann die Luft in *A* verdünnt, weil *a* verschlossen ist, während bei *e* wieder Luft eindringt und etwas Schwefelsäure in die Flasche *A* treibt. Hört das Aufbrausen in *A* auf, so wiederholt man das Luftaussaugen und zwar so oft, bis alle Kohlensäure entwickelt ist. Das Gas muß seinen Weg durch die Schwefelsäure in *B* nehmen, welche ihm alles Wasser entzieht. Man öffnet dann *a* und zieht so lange Luft durch den Apparat, bis alle Kohlensäure heraus ist. Man wiegt hierauf wieder. Der Gewichtsverlust in Centigrammen, dividirt durch 2, gibt unmittelbar die Procente wasserfreien kohlensauren Kalis in der wasserfreien Pottasche.

Zur Prüfung der Soda kann der Apparat gleichfalls benutzt werden. Man wendet 4,84 Gr. entwässerte Soda an.

Acidimetrie.

Der Apparat kann auch angewendet werden, um die Stärke einer Säure zu bestimmen, d. h. zu ermitteln, wie viel z. B. wasserfreie Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure oder Essigsäure in der zu prüfenden Säure enthalten ist. Man wiegt die Säure in der Flasche *A* ab und nimmt dazu von der Schwefelsäure 0,911, von der Salpetersäure 1,23, Salzsäure 0,83, Essigsäure 1,16 Gramme, oder je nach der Verdünnung ein beliebig hohes Multiplum dieser Zahlen, z. B. beim Essig das 60—100fache, setzt noch Wasser zu, bis die Flasche $^1/_3$ voll ist, bringt dann 4—5 Gramme reines krystallisirtes doppeltkohlensaures Natron in ein

unten zugeschmolzenes Glasröhrchen, welches man mittelst eines Seidenfadens in A aufhängt, indem man das Ende des Fadens mit dem Kork festklemmt; füllt dann B wie gewöhnlich mit Schwefelsäure und tarirt den Apparat. Hierauf öffnet man den Kork von A, damit das Röhrchen mit dem doppeltkohlensauren Natron in die Flüssigkeit fällt. Die Schwefelsäure in B dient hier nur, um die Feuchtigkeit der Kohlensäure zurückzuhalten. Wenn keine Kohlensäure mehr entweicht, entfernt man den Rest derselben durch Erwärmen von A in einem Wasserbade von 50 bis 55° C., saugt dann aus und wiegt wie oben. Der Gewichtsverlust in Centigrammen, dividirt durch die Zahl, womit man die oben für jede Säure angegebene Normalquantität multiplicirt hatte, gibt direct die Procente der wasserfreien Säure [1]).

Verfälschung der Pottasche mit Soda.

Die Pottasche unterliegt manchfaltigen Verunreinigungen, z. B. mit Kieselpulver, schwefelsaurem Kali und Natron, Kochsalz 2c. Am häufigsten kommt aber jetzt die Verfälschung derselben mit Soda vor. Man hat sie daher auch, wenn Varec (Soda aus Seegewächsen) dazu genommen worden war, sodhaltig gefunden [2]).

Das empfindlichste Reagens auf Natron ist zwar das neutrale antimonsaure Kali. Wenn man aber dieses nicht zur Hand hat, so benutzt man nach Roder am besten die Schwerlöslichkeit des oxalsauren Natrons zur Entdeckung dieser Verfälschung. Man sättigt die Pottasche trocken mit concentrirter Essigsäure und versetzt dann diese Auflösung mit einer Lösung von so viel Oxalsäure, als es Pottasche war. 4—5 Procent Sodazusatz können so noch als körniger Niederschlag von oxalsaurem Natron erkannt werden.

Über die quantitative Bestimmung des Natrons in der Pottasche mittelst eines eigens hierzu eingerichteten Aräometers (Natrometer), welche sich auf die Dichtigkeitszunahme einer gesättigten Lösung von reinem schwefelsauren Kali durch Zusatz von schwefelsaurem Natron begründet, da nämlich schwefelsaures Kali bei Gegenwart von schwefelsaurem Natron viel leichter löslich ist, vgl. Dingler's polytechn. Journal. Bd. 99. 1846. S. 125.

Es ist kaum zu erinnern nöthig, daß die Pottasche aus natronhaltiger Asche (vgl. S. 390) auch ohne Verfälschung natronhaltig sein kann.

Anwendung der Pottasche.

Die häufige Anwendung der Pottasche in der Chemie und Pharmacie, Glasfabrikation, Färberei, Farbfabrikation, zum Waschen 2c. ist bekannt.

---

1) Vgl. Neue Verfahrungsweisen zu Prüfung der Soda, der Aschen, der Säuren und des Braunsteins von Dr. R. Fresenius und Dr. H. Will. Heidelberg 1843. 8. — Über die verschiedenen alkalimetrischen Verfahren vgl. Dingler's polytechn. Journal. Bd. 38. S. 384 von Penot und Bd. 87; Gewerbeblatt für Sachsen. 1842. S. 610; Buchner's Repertorium für Pharmacie. II. Reihe. 17. Bd. 1839. von Hänle 2c.

2) Vgl. Lebreton in Buchner's Repertorium. Bd. 25. 1827. S. 106 und Preuß in den Annalen der Pharmacie. Bd. 34. S. 239.

Bearbeitung einiger zuckerhaltigen Pflanzensäfte.

Die Benutzung der zuckerhaltigen Säfte verschiedener Waldgewächse wirft nur selten einen erheblichen Gewinn ab. Man stellt entweder aus diesen Säften den **Zucker** selbst dar, wie aus dem Ahornsaft, oder benutzt dieselben wegen ihres Zuckergehaltes zur Darstellung **gegohrener Flüssigkeiten**, welche entweder als solche genossen werden, wie der Birkenwein, oder man gewinnt durch Destillation aus den gegohrenen Flüssigkeiten Branntwein, wie aus verschiedenen Waldfrüchten, oder man verwendet dieselben zu Essig.

Gewinnung des Ahornzuckers.

Man hat besonders in Nordamerika (Louisiana) im vorigen Jahrhundert angefangen, aus dem Safte des Zuckerahorns, Acer saccharinum, des Silberahorns, Acer dasycarpum und des rothblühenden Ahorns, Acer rubrum, Zucker zu gewinnen, ebenso in Deutschland und anderen Ländern aus dem Spitzahorn, Acer platanoides, dem gemeinen Ahorn, Acer Pseudo-platanus und dem Feldahorn, Acer campestre. Auch der gestreifte, pennsylvanische, eschenblätterige, französische und tatarische Ahorn, Acer pennsylvanicum striatum, A. pennsylv. montanum, A. Negundo, A. monspessulanum und A. tataricum, sind ergiebig an Zucker.

Man bohrt die Bäume im Februar, Anfangs März 2 bis 3 Fuß hoch vom Boden an mehreren Stellen schräg aufwärts mit einem 1/4 Zoll dicken Bohrer Anfangs etwa 3/4, dann 1 1/2 bis 2 Zoll tief an, so daß der Splint ganz durchbohrt ist, steckt in die 1/2 Zoll weiten Bohrlöcher 1/2 bis 1 Fuß lange Stückchen Rohr oder Holz (Schilf oder Hollunder) etwa 1/2 Zoll tief ein, die den Saft in untergesetzte Gefäße leiten, und verschmiert den Zwischenraum zwischen der Mündung des Bohrloches und der Röhre mit Lehm. Je höher oben der Stamm angebohrt wird, um so zuckerhaltiger wird der Saft, aber um so mehr leidet auch der Baum dadurch. Auch von alten Bäumen ist er süßer, als von jungen, aber auch der Menge nach geringer.

Der Ausfluß des Saftes dauert für jeden Stamm 5 Tage, im Ganzen bis Mitte März, wo sich die Blätter entwickeln. Die Wunde vernarbt und man will von der Operation selbst bei 30jähriger, jährlicher Wiederholung nicht den geringsten Nachtheil für die Bäume wahrgenommen haben, wenn sie nur mit dem Bohrer angezapft werden, wogegen sie das Anzapfen mit der Axt in wenig Jahren verderben soll. Auch darf nicht mehr als ein Loch in den Baum gebohrt werden, wenn er nicht im nächsten Jahre ausgehen soll. Von mittelgroßen Bäumen erhält man in 24 Stunden ungefähr 8 Liter Saft. Nach anderen Angaben liefert ein Baum in Amerika im Ganzen 30—100 Quart, woraus man 2—8 Pfund Zucker erhält.

Der gewonnene Saft ist klar, fast wasserhell, von 1,003 bis 1,005 specifischem Gewichte, je nach der Art des Baumes, so wie nach Witterung und Klima, besonders von dem langsamen Übergange des Winters in den

Frühling abhängig. Er darf nicht über 24 Stunden aufbewahrt werden, weil er sonst gährt.

Man hängt in Amerika mitten im Ahorngehölz (Zuckerbusch) drei große eiserne Kessel an Stangen über ein lebhaftes Feuer auf, oder setzt ebenso viele große flache Pfannen aus Eisenblech auf steinerne Herde. In den größten Kessel gießt man den Saft. Ist er auf ein Drittel eingekocht, so kommt er in den kleineren. Wenn er Syrupdicke hat, wird er durch ein wollenes Tuch von Spänen und anderen Unreinigkeiten abgeseiht, und dann im dritten, kleinsten Kessel nochmals gekocht, wo man mit einer Kelle den Schaum abschöpft. Ist der Saft im letzten Kessel so weit eingekocht, daß eine herausgenommene Probe erhärtet, so gießt man ihn in steinerne oder blecherne, zuvor mit Wasser angefeuchtete Gefäße aus, wo er erstarrt. Das Überwallen des Syrups verhütet man, indem man den Kessel etwas vom Feuer entfernt, oder ein Stückchen Speck hineinwirft. War der Syrup nicht stark genug abgedampft, so tropft nach einiger Zeit Syrup von den Zuckerstücken ab. Man bewahrt sie daher so auf, daß die abtropfende Flüssigkeit in ein untergesetztes Gefäß fällt. Der Schaum wird auf Essig benutzt. In Nordamerika, z. B. in Canada und Pennsylvanien, benutzt man, wenn es kalt genug ist, den Frost zur Concentration des Saftes. Man erhält dadurch mehr und besseren Zucker als durch das Versieden, weil sich hier kein Schleimzucker bildet (vgl. S. 315).

Es ist gelungen, ihn wie den Rohr- und Rübenzucker zu raffiniren und einen sehr schönen Mehlzucker daraus zu bereiten, den man in Amerika zu 9 Sous das Pfund verkauft.

Hermbstädt erhielt aus dem Quart Saft 1½ bis 2 Loth Zucker, je nach der Species der Ahornbäume, also $\frac{1}{45,14}$ bis $\frac{1}{39,38}$. Nach Rusch geben 40 Pfund Saft vom Zuckerahorn in Nordamerika 1 Pfund Zucker. Ein Baum liefert durchschnittlich 5 bis 6 Pfund. Nach den in Österreich angestellten Versuchen erhielt man von 80 Pfund Saft 1 Pfund Zucker, auch wohl noch mehr. Nach 1834 in Gießen angestellten Versuchen gab der Acer saccharinum 2,89%, A. campestre 2,5, A. rubr. 2,5, A. dasycarp. 1,9, A. Negundo 1,12, A. platanoides 1,1, A. Pseudo-platanus 0,9% Zucker. In Kaschau in Ungarn lieferten 1816 200 Bäume 75 Pfund sehr schönen Rohzucker und an Syrup ein Äquivalent von 25 Pfund Rohzucker. 1837 bereiteten in Canada mehrere Landleute bis 800 Pfund Zucker. 10 Jahre später gewannen manche Farmer 2—5000 Pfund und im Jahre 1846 schlug man den Werth des in den Staaten Newhampshire und Vermont erzielten Zuckers auf mehr als eine Million Dollars an. Überhaupt nimmt dort diese Art der Zuckerproduktion fortwährend zu; in der einzigen Grafschaft Rimouski wurden 18000 Pfund Zucker erzeugt und die jährliche Zuckerproduktion aus Ahornsaft soll in Nordamerika 7 bis 12 Millionen Pfund betragen. Der Syrup, Sirop de Canada, hat einen angenehmen Geschmack. Der Ahornzucker kommt gewöhnlich nicht in den allgemeinen Handel, sondern wird im Lande selbst consumirt.

Wallnußzucker.

Im Caucasus, wo der Wallnußbaum vorzüglich gedeiht, gewinnt man aus dessen Saft auf ähnliche Weise Zucker. Man bohrt den Baum an, verstopft dann die Öffnung mit einem Stöpsel und läßt denselben einige Zeit darin. Wird derselbe herausgezogen, so fließt ein heller süßer Saft aus, den man aufkocht und zuweilen auch raffinirt. Er wird von den Circassiern als Mittel gegen Lungenkrankheiten und allgemeine Schwäche gerühmt.

Die Darstellung des Zuckers aus Baumsäften ist übrigens eine so langwierige Arbeit und erfordert so hohen Arbeitslohn, daß er so theuer als der Rohrzucker kommt.

Darstellung des Birkweins.

Ein anderer Baumsaft, welcher eine technische Verwendung gefunden hat, ist der **Birkensaft** oder das **Birkenwasser**, welches man wie den Ahornsaft sammelt. Ein mittlerer Birkenbaum liefert nach Geiseler mindestens 8 Quart Saft und kann bei gehöriger Vorsicht viele Jahre nach einander abgezapft werden. Nach Brandes wäre dagegen die Ergiebigkeit der Bäume so verschieden, daß sich kaum ein mittleres Maß feststellen lasse.

Der von Geiseler untersuchte Saft hatte ein specifisches Gewicht von 1,050 (bei 17,5° C.), war gelblichtrüb, wurde jedoch durch Filtriren wasserhell und hatte dann ein specifisches Gewicht von 1,040. Brandes dagegen fand ihn sogleich farblos, wasserhell und geruchlos, wenig süßlich schmeckend, von schwach saurer Reaction. Er trübte sich erst nach einiger Zeit weißlich und hatte 4 Tage nach der Gewinnung 0,980 specifisches Gewicht. 20 Unzen Saft enthielten 41,1 Gran fester Bestandtheile, nämlich Zucker, Gummi, Extraktivstoff, Eiweißstoff, Chlorkalium, saures weinsaures Kali und etwas schwefelsauren Kalk. Er ist sehr geneigt sauer zu werden und muß daher bald verarbeitet werden.

Der Birkensaft wird, da er keinen gemeinen, sondern Krümelzucker enthält, nicht auf Zucker, sondern blos zur Darstellung eines champagnerartigen Weins, **mussirendes Birkenwasser** oder **Birkwein** benutzt. Man kocht ihn auf, um ihn von der zu großen Menge stickstoffhaltiger Substanz (Eiweiß) zu befreien, weil er sonst leicht sauer würde, und bringt ihn in Gährung, was man früher durch Zusatz von Taubenmist bewirkte; jetzt nimmt man dafür Hefe oder Rosinen und bewahrt die Flüssigkeit, sobald sie zu schäumen anfängt, in luftdicht verschlossenen starken (Champagner-)Flaschen. Man bereitet diesen Schaumwein an verschiedenen Orten, so z. B. am Fuße des Harzes in Quedlinburg[1]).

Man gibt dem Birkwein oft noch anderweitige Zusätze und kann ihn auch leicht künstlich nachahmen. Bley gibt hierzu folgende Vorschrift:

Künstlicher Birkwein.

Man bringt einen Anker weiches Wasser mit 12 Pfund Hutzucker und etwas Eiweiß zum Sieden, schäumt ab, bringt die durchgeseihte Flüssigkeit auf ein reines Ankerfaß, aus dem man einen Boden genommen hat, läßt dieselbe zur Milchwärme erkalten, setzt 12 Stück von den Kernen befreite Citronen zu, oder statt deren ½ Unze Citronensäure mit etwas Zucker

1) Über die Bereitung des Birkweins in Lief- und Esthland vgl. Petri in Dingler's polytechn. Journal. Bd. 7. S. 484.

und Citronenöl, ferner 2 Obertassen Weißbierhefe, bedeckt mit einem Tuche, schäumt täglich gut ab, zieht die Flüssigkeit nach 5—6 Tagen auf ein reines Weinfaß, setzt auf einen Anker 10 bis 12 Flaschen rothen oder weißen Wein zu, verspundet locker und füllt das Faß fleißig mit gekochtem Zuckerwasser nach. Die Nachgährung läßt man 2—3 Wochen dauern, klärt dann mit Hausenblase und zieht auf Flaschen, die man überbindet, verpicht und aufrecht in den Keller stellt. Nach 4—5 Wochen ist das Getränk mussirend. Die ganze Behandlung muß in sehr reinen Gefäßen geschehen, weil sonst der Wein leicht umschlägt.

Wachholderbeerenwein.

Auch die Wachholderbeeren werden bisweilen zur Darstellung von Weinen benutzt. Das Journal des connaissances usuelles Déc. 1834. gibt hierzu S. 311—12 folgende Vorschrift: Man mengt 100 Pfund gequetschte reife Wachholderbeeren mit ebensoviel Cassonade (Farinzucker) oder Honig, 1 oder 2 Pfund Sauerteig von Roggenmehl und etwa 100 Pinten (etwa 89 bayrische Maß, oder 81 preußische Quart) heißem Wasser, setzt etwas gestoßenen Koriandersamen oder einige Angelicastengel dazu, bringt das Gemeng in ein Faß ohne Boden oder in einen großen Kübel, rührt einige Minuten um, schließt das Gefäß vollkommen mit Brettern, bedeckt es völlig mit angefeuchteter Asche und gibt dem Zimmer eine Temperatur von etwa 30° C. Bald wird die Gährung eintreten. Ist sie vorüber, so läßt man in einer Temperatur von nicht über 15—18° C. nachgähren, zieht dann die Flüssigkeit auf Fäßchen, die man sorgfältig gefüllt und wohl verstopft in den Keller legt, bis man den Wein auf Flaschen ziehen will. Nach einjährigem Abliegen in Flaschen ist er sehr angenehm zu trinken. Andere kochen die Wachholderbeeren eine halbe Stunde in Wasser und fügen dann der geklärten Abkochung die gährenden Substanzen zu, bisweilen auch etwas Branntwein[1]).

Branntwein aus Waldfrüchten.

Zur Gewinnung von Branntwein werden, wiewohl auch ziemlich selten, die verschiedenen stärkmehl- und zuckerhaltigen Waldfrüchte, wie die Eicheln, Roßkastanien, wilden Kirschen, Birnen, Holzäpfel, Vogelbeeren, Heidelbeeren, Himbeeren, Hollunder-, Attich- und Wachholderbeeren[2]) benutzt, wenn sie nicht vortheilhafter als solche zu verwerthen sind.

Heidelbeerenbranntwein.

Am vortheilhaftesten möchten sich die Heidelbeeren hierzu eignen, wo sie in Gebirgsgegenden vorkommen, weil man sie noch am ersten in hinlänglicher Menge an einem Orte antrifft und dieselben einen weiten Transport nicht vertragen. Er ist besonders in Schwaben und am Oberrhein sehr beliebt wegen des angenehmen Aromas, das er nach einigem Ablagern annimmt. Mabler gibt zur Verwendung der Heidelbeeren zu Branntwein folgende Anleitung:

Zur Erleichterung des Einsammelns hat man dazu ein eigenes Instrument erfunden. Es ist aus Weißblech, oft auch aus Holz verfertigt,

---

1) Pharm. Centralblatt. 1835. S. 157. — Über Wachholderbier vgl. Dingler's polytechn. Journal. 64. S. 240.

2) Vgl. Dingler's polytechn. Journal. 19. S. 506.

und bildet einen Kamm (Reff), welcher im Ganzen 8—9 Zoll lang und 4—5″ breit ist. Er ist an einer schmalen Seite in 2″ lange Zinken eingeschnitten, welche, um die erforderliche Stärke zu erlangen, mit doppeltem Blech unterlegt und an ihren Seiten eingenietet sind. Jede Zinke ist für sich ¼″ breit und zwischen zweien ist die Zwischenöffnung auch ¼″ gleich. An den beiden längeren Seiten sind Seitenblätter angebracht, welche an den Zinken spitz, nach der entgegengesetzten Seite aber bis auf zwei Zoll Höhe anlaufen und an der den Zinken entgegengesetzten schmalen Seite durch eine dritte Blechseite eingeschlossen sind. Der Kamm erhält hierdurch eine von drei Seitenflächen eingeschlossene concave Form.

Beim Gebrauche wird derselbe in die flache Hand genommen und mit dem Daumen an der schmalen Blechwand, wo gewöhnlich ein Loch, Knoch oder Haken angebracht ist, festgehalten. Hiermit faßt man die Heidelbeerstauden und streift die Beeren von Unten nach Oben ab. Die mit abgestreiften Blättern werden mit dem Munde weggeblasen und die gereinigten Heidelbeeren in einen angehängten Korb geschüttet.

Ein Mann, welcher mit der bloßen Hand 2 Simmern des Tags bricht, streift mit dem Kamm in derselben Zeit 4—5 Simmern ab.

Die gesammelten Beeren werden in Bütten zerstampft (ungestampft schimmeln und verderben sie), und in größere Fässer wie Trestern oder Zwetschken eingeschlagen, wobei man für die Gasentwickelung kleine Öffnungen läßt, bei großen Öffnungen tritt leicht Essiggährung ein. Der bayrische Eimer gibt durchschnittlich 10—12 Maß Branntwein von 18—19° Beck, was ganz mit den Angaben des bayrischen Kunst- und Gewerbeblattes von 1829. S. 117 übereinstimmt.

Aus den angestellten Versuchen ergeben sich folgende Sätze:

1) Am geeignetsten zum Branntwein sind die im Juli bis zur ersten Hälfte September gesammelten Beeren, und in dieser Zeit wieder die in der stärksten Sommerwärme und in sonnigen Lagen gereiften.

2) Sie werden wie die Trauben mit Mostern gequetscht.

3) Den Zusatz eines Ferments fand man unnöthig, da derselbe das Resultat nicht änderte.

4) An den Gährungsfässern bleibt nur in den ersten Tagen der Gährung das Thürchen offen, später nur ein Spundloch, welches in der Folge ebenfalls zugeschlagen wird, und das Faß bleibt dann noch bis zum Brennen, was man am ergiebigsten 6 Wochen nach vollendeter Gährung vornimmt, in einer Halle oder Scheune stehen. Längere Aufbewahrung erscheint nicht vortheilhaft.

5) Beim Brennen der Maische wird kein Wasser zugesetzt.

6) Die erhaltene Läuterung (per Ohm ca. 20 Maß) wird je nach dem Gange der Destillation meist einer Rectification unterworfen[1]).

Die Eicheln und Roßkastanien werden auf einer Schrotmühle von den Schalen befreit, dann geschroten und wie Getreide eingemaischt.

---

1) Forst- und Jagdzeitung. 1829. S. 432.

100 Pfund trockene Eicheln geben 15 Quart, und 1 Berliner Scheffel Roßkastanien 12 Quart und mehr Branntwein.

Aus den Vogelbeeren bereiten die Russen ein beliebtes Getränk, Naliska genannt. Der Beigeschmack des Branntweins wird durch Kohle entfernt. 1 Berliner Scheffel liefert 5—6 Quart.

Die Kirschen werden mit den Kernen zerstoßen, welche dem Branntwein (Kirschwasser) einen Bittermandelgeschmack geben. Das Kirschwasser wird besonders in der Schweiz bereitet. Auch die Früchte der Traubenkirsche (Prunus padus) werden auf Branntwein benutzt. Aus den Zschwetschken und Pflaumen bereitet man in Slavonien den bekannten Sliwowitz (Schlehen- oder Pflaumenwasser), und aus der Mahalebpflaume, welche in Dalmatien wild wächst, wird dort der berühmte Maraskinolikör gebrannt. Auch die Schlehen liefern sehr guten Geist.

Holzbirnen und Äpfel werden zermalmt, mit 2 Theilen siedendem Wasser angebrüht, abgekühlt, der Gährung überlassen und destillirt. Der Branntwein hat zwar keinen Fusel, aber einen Nebengeschmack von den Schalen und Kernen.

Die Wachholderbeeren dürfen nur sanft gequetscht werden, damit die Samen ganz bleiben, weil ihm diese sonst einen allzu penetranten Geschmack ertheilen. Man destillirt oder digerirt dieselben auch mit anderem Branntwein, wodurch eine Art Ratafia entsteht.

Die Mispeln und Elsebeeren liefern gleichfalls ziemlich guten Branntwein (100 Pfund Früchte 6—7 Quart). Man läßt sie zuvor durch Lagern auf Stroh teigig werden, zerquetscht, brüht sie mit heißem Wasser und überläßt sie der Gährung. Eine kleinere Ausbeute liefern die Früchte von Crataegus aria, C. oxyacantha, C. monogyna und Sorbus domestica.

Essig aus Waldfrüchten

Auch Essig wird zuweilen, z. B. bei Mangel an Transportmitteln oder an Destillirapparaten zur Darstellung von Branntwein, aus Waldfrüchten, wie Heidelbeeren, Brombeeren rc. dargestellt (über die Bereitung desselben s. S. 364) [1]).

Ölbereitung aus den Samen der Waldgewächse.

Benutzung der ölhaltigen Samen.

Die Bereitung von fetten Ölen aus Baumfrüchten bildet oft einen nicht unwichtigen Gegenstand der Forsttechnologie. Sie beschränkt sich indessen gewöhnlich auf die Buckeckern; seltener werden Haselnüsse, Lindensamen rc. dazu benutzt. Die Buchekern werden entweder in untergehaltene Tücher von den Ästen geklopft, oder man kehrt sie vom Boden zusammen

1) Vgl. auch „Die Benutzung des sibirischen Eisapfels zur Cider-, Branntwein- und Essigbereitung" von Lampadius im Journ. f. prakt. Chemie. VI. S. 285—294, der Flieder- und Wachholderbeeren zu Essig im bayr. Kunst- und Gewerbeblatt. 1819. S. 273 u. 1824. S. 232, der Eicheln und Kastanien zu Essig in den Jahrbüchern des polytechn. Instituts in Wien. 15. S. 251.

und reinigt sie durch Siebe vom gröbsten Laub- und Holzwerk; oder man liest sie vom Boden einzeln zusammen. Vor dem Schlagen des Öls aus den Bucheckern müssen dieselben noch sorgfältig ausgelesen und dann auf einem Zimmerofen oder im Backofen getrocknet werden.

Die Bucheckern liefern vom preußischen Scheffel 7,4 Pfund oder 12 Gewichtsprocente klares und 3,7 Pfund oder 5% trübes Öl, Haselnüsse gegen 60% Öl[1]), enthülste Lindensamen 48%, Wausamen (Reseda luteola) vom Scheffel 20—21 Pfund oder 30%, Distelsamen (Onopordon Acanthium) 25%, Rothtannen- (Pinus Abies L.) und Fichtensamen (Pinus sylvestris) 24%, Hartriegelkerne (Cornus sanguinea) gegen 17% Öl.

Anwendung des Öls.

Das Buchecker- und Haselnußöl werden als Speiseöl, die übrigen, so wie das aus Spindelbaumsamen (Evonymus europaeus) als Brennöl und das Rothtannenöl auch zur Firnißbereitung benutzt.

Braun (in Darmstadt) hat eine Maschine zum Schälen des Rapses eingerichtet, wodurch man daraus ein zu Speisen brauchbares Öl erhält, weil die riechenden Theile in der Hülle sind. Auf solche Weise lassen sich wahrscheinlich noch manche andere Öle zum Genusse brauchbar darstellen.

Bei der gewöhnlichen Ölbereitung bleibt jedoch immer noch ein bedeutendes Quantum Öl in dem zur Ölerzeugung verwendeten Material zurück. Aus der nachstehenden von Hlubeck[2]) mitgetheilten Tabelle über die Ausbeute und Eigenschaften des Öls verschiedener Samen ergibt sich, daß die Differenz zwischen dem absoluten und relativen Ölgehalte 2—24% beträgt, d. h. daß bei manchen Samen, wie beim Ölrettig, kaum die Hälfte des Öls gewonnen wird.

---

1) Nach Stickel's Versuchen liefern 5 Pfund Haselnüsse 1 Pfund Kerne, und diese 4 Loth Öl von angenehmerem Geschmack als Mandelöl, welches aber sehr schnell ranzig wird.

2) Vgl. Nr. 69 seiner Ökonom. Neuigkeiten u. Verhandlungen. Prag 1846.

Benennung der Pflanzen	Eine österr. Metze wiegt Pfd.	Ölgehalt % absoluter	Ölgehalt % praktisch bestimmter	Specifisches Gewicht bei 15° C.	Farbe des Öls	Trocknende Eigenschaften des Öls	Quantität (in 1 Stunde bei Lampen mit Docht) von verbranntem Öl Gran	Quantität (in 1 Stunde bei Lampen mit Docht) von verdunstetem Wasser Gran	Mit 100 Gran Öl werden in gleicher Zeit Wasser verdampft Gran
Ackerhanf	—	30		3,9142	hellgelb	salbenartig	—	—	—
Buchenöl	—	12 klares / 15 trübes	7,01 Speiseöl / 3,51 trübes Öl	0,9225	gelblich	"	50,0	170	340
Citronenkerne	—	25	—	—	—	—	—	—	—
Erdeichel	—	43—50	—	—	—	—	—	—	—
Hanfsame	62	25	22	0,9276	grünlichgelb	trocknend	46,0	155	337
Haselnüsse	—	60 Schübler / 48 Leuchs	—	0,9242	hellgelb	salbenartig	53,4	190	357
Krautrübensame	75	33	—	0,9141	gelbbraun	"	29,4	70	238
Kresse (Lepidium sativ.)	—	56—58	—	—	—	—	42,0	137	326
Kürbiskerne	—	20	—	0,9231	hellgelblich-braun	trocknet langsam aus	43,7	135	3[illegible]
Kiefer	—	24 ?	—	0,9312	gelblichgrau	trocknend	47,3	160	338
Leinsame	75	22	20	0,9347	hellgelb	"	38,7	121	312
Leindotter	77	30	28	0,9252	gelblich	"	34,0	101	297
Lorbeeren	—	6	—	—	—	—	—	—	—
Mandelbaum	—	40	—	0,9180	farblos	salbenartig	52,8	183	346
Mohn (blauer)	70	47—50 überh.	35	0,9243	blaßgelb	trocknend	31,0	80	258 ?
" (weißer)	69	40 — 45	38	0,9243	"	"	31,0	80	25[illegible]
Ölrettig	62	40 — 50	26	0,9187	gelbbraun	salbenartig	43,0	138	321
Ölkohl, türkisch	77	—	19	—	—	—	—	—	—
Oliven	—	38—45 ?	38 ?	—	—	—	—	—	—
Pflaumenkerne	—	33—37	30—32	0,9127	gelbbraun	salbenartig	68	260	382
Raps, Winter-	75	39	37	0,9136	"	"	42,7	140	328
" Sommer-	74	33 ?	31	—	—	—	—	—	—
Rübsen, Winter-	75	33	32	0,9128	gelbbraun	salbenartig	43,8	144	329 ?
" Sommer-	77	33	32	—	—	—	—	—	—
Roßkastanien	—	8	—	—	—	—	—	—	—
Sonnenblume	50	40	35	0,9262	hellgelb	trocknet langsam aus	51,8	185	357
Schnittkohl	72	33	32	—	—	—	—	—	—
Stockraps	67	—	27	—	—	—	—	—	—
Senf, schwarzer	76	36	23	0,9170	gelbbraun	salbenartig	25,0	68	272
" weißer	76	36	22	0,9142	hellgelb	"	29,8	78	261
Safflor	63	—	9	—	—	—	—	—	—
Schamkraut	—	50	—	—	—	—	—	—	—
Tannen und Fichten	—	24	—	—	—	—	49,8	164	329
Tabak	—	32—36	—	0,9232	gelblich	trocknend	33,2	95	285 ?
Weißrübensame	75	33	—	0,9167	gelbbraun	salbenartig	33,0	94	285
Wau	65	30	14—20	0,9358	grün	trocknend	44,0	148	336
Weintrester	—	12—18	10—11	0,9202	grüngelb	trocknet langsam aus	37,0	120	324
Wunderbaum (Ricinus comm.)	—	62	—	0,9611	gelblich	"	47,0	168	357
Wallnuß	—	50	—	0,9260	hellgelb	trocknend	45,0	150	333
Wegdistel (Onopordon Acanthium)	—	25	—	—	—	—	—	—	—

Rücksichtlich der Heizkraft folgen sich demnach die Öle in folgender Ordnung:

Öl	von	Pflaumenkernen	= 382
"	"	Haselnüssen	= 357
"	"	Sonnenblumen	= 357
"	"	Wunderbaum	= 357
"	"	Mandeln	= 346
"	"	Buchensamen	= 340
"	"	Kiefernsamen	= 338
"	"	Hanfsamen	= 337

Öl von Wau . . . . = 336
„ „ Tannen- und Fichtensamen . = 329
„ „ Raps und Rübsen . . . . = 328
. . . .
. . . .
„ „ Mohn . . . . = 258, als dasjenige, welches das geringste Quantum Wasser verdunstet.

Tabelle der Äquivalente und Atomgewichte der einfachen Körper.

Namen des Körpers	Zeichen	Äquivalente		Atomgewichte	
		O = 100	H = 1	O = 100	H = 1
Aluminium	Al	171,167	13,716	171,167	27,432
Antimon	Sb	1612,904	129,243	806,452	129,243
Arsen	As	940,084	75,329	470,042	75,329
Baryum	Ba	856,880	68,663	856,880	137,325
— nach Pelouze	—	858,010	68,640	858,010	137,280
Beryllium	Be	87,100	6,968	87,100	13,936
Blei	Pb	1294,645	103,571	1294,645	207,142
Boron	B	136,204	10,914	136,204	21,828
Brom	Br	978,306	78,392	489,153	78,392
— nach Marignac	—	999,300	80,000	499,650	80,000
Cadmium	Cd	696,767	55,833	696,767	111,666
Calcium nach Dumas, Erdmann und Marchand	Ca	250,000	20,000	250,000	40,000
— nach Berzelius	—	251,488	20,119	251,488	40,238
Cerium nach Berzelius	Ce	574,796	46,051	574,796	92,102
Chlor	Cl	443,280	35,463	221,640	35,463
Chrom	Cr	328,300	26,271	328,390	52,542
Didym	D	—	—	—	—
Eisen	Fe	350,000	28,000	350,000	56,000
— nach Svanberg, Norlin und Berzelius	—	350,527	28,042	350,527	56,084
Erbium	E	—	—	—	—
Fluor	Fl	235,435	18,834	117,718	18,834
Gold	Au	2458,330	196,665	2458,330	393,330
Jod	I	1565,570	126,845	782,785	126,845
Iridium	Ir	1233,499	98,841	1233,499	197,682
Kalium	K	488,940	39,115	488,940	78,230
Kobalt	Co	368,991	29,568	368,991	59,135
Kohlenstoff nach Marchand u. Erdmann	C	75,000	6,000	75,000	12,000
— nach Berzelius	—	76,438	6,125	76,438	12,250
Kupfer	Cu	396,633	31,728	396,633	63,456
Lanthan	La	451,879	37,150	451,879	74,300
Lithium	Li	80,375	6,440	80,375	12,881
Magnesium	Mg	158,140	12,651	158,140	25,302
Mangan	Mn	345,887	27,716	345,887	55,432
Molybdän	Mo	598,520	47,960	598,520	95,920
Natrium	Na	290,897	23,310	290,897	46,620
— nach Pelouze	—	287,170	22,973	287,170	45,946
Nickel	Ni	369,675	29,622	369,675	59,245
Niobium	Nb	—	—	—	—
Osmium	Os	1244,487	99,722	1244,487	199,444
Palladium	Pd	665,899	53,359	665,899	106,718
Phosphor	P	392,286	31,436	196,143	31,436
— nach Pelouze	—	400,300	32,024	200,150	32,024
Platin	Pt	1233,499	93,841	1233,499	187,682
Quecksilber	Hg	1265,822	101,431	1265,822	202,863
— nach Erdmann und Marchand	—	1250,000	100,000	1250,000	200,000
Rhodium	R	651,387	52,196	651,387	104,392
Ruthenium	Ru	—	—	—	—
Sauerstoff	O	100,000	8,000	100,000	16,000
Schwefel nach Erdmann u. Marchand	S	200,000	16,000	200,000	32,000
— nach Berzelius	—	200,750	16,060	200,750	32,120
Selen	Se	494,582	39,631	494,582	79,263
Silber	Ag	1350,000	108,000	1350,000	216,000
Silicium nach Berzelius	Si	277,312	22,221	277,312	44,442
— nach Einbrodt und Hermann	—	184,874	14,790	184,874	29,580
Stickstoff	N	175,000	14,000	87,500	14,000
Strontium	Sr	547,285	43,853	547,285	87,709
— nach Pelouze	—	548,020	43,841	548,020	87,682
Tantal	Ta	1153,715	92,448	1153,715	184,896
Tellur	Te	801,760	64,250	801,760	128,506
Terbium	Tb	—	—	—	—
Thorium	Th	744,910	59,646	744,910	119,292
Titan	Ti	303,662	24,332	303,662	48,664
Uran	U	750,000	60,000	750,000	120,000
Vanadium	V	855,846	68,578	855,846	137,157
Wasserstoff	H	12,500	1,000	6,250	1,000
— nach Berzelius	—	12,478	1,000	6,239	1,000
Wismuth, altes Äquivalent	Bi	1330,377	106,600	1330,377	213,200
—	—	886,918	71,069	886,918	142,139
Wolfram	W	1183,000	94,795	1183,000	189,590
Yttrium	Y	402,514	32,254	402,514	64,508
Zink nach Ar. Erdmann	Zc	406,600	32,528	406,600	65,056
Zinn	Sn	735,296	58,920	735,296	117,840
Zirkonium	Zr	420,201	37,670	420,201	75,340

Vergleichende Tabelle über die Grade der gebräuchlichen Thermometer.

1) Vergleichung der Celsius'schen Thermometerscala mit denen von Réaumür und Fahrenheit.

Celsius	Réaumür	Fahrenheit	Celsius	Réaumür	Fahrenheit	Celsius	Réaumür	Fahrenheit
+100	+80	+212	+53	+42,4	+127,4	+ 6	+ 4,8	+42,8
99	79,2	210,2	52	41,6	125,6	5	4	41
98	78,4	208,4	51	40,8	123,8	4	3,2	39,2
97	77,6	206,6	50	40	122	3	2,4	37,4
96	76,8	204,8	49	39,2	120,2	2	1,6	35,6
95	76	203	48	38,4	118,4	1	0,8	33,8
94	75,2	201,2	47	37,6	116,6	0	0	32
93	74,4	199,4	46	36,8	114,8	— 1	— 0,8	30,2
92	73,6	197,6	45	36	113	2	1,6	28,4
91	72,8	195,8	44	35,2	111,2	3	2,4	26,6
90	72	194	43	34,4	109,4	4	3,2	24,8
89	71,2	192,2	42	33,6	107,6	5	4	23
88	70,4	190,4	41	32,8	105,8	6	4,8	21,2
87	69,6	188,6	40	32	104	7	5,6	19,4
86	68,8	186,8	39	31,2	102,2	8	6,4	17,6
85	68	185	38	30,4	100,4	9	7,2	15,8
84	67,2	183,2	37	29,6	98,6	10	8	14
83	66,4	181,4	36	28,8	96,8	11	8,8	12,2
82	65,6	179,6	35	28	95	12	9,6	10,4
81	64,8	177,8	34	27,2	93,2	13	10,4	8,6
80	64	176	33	26,4	91,4	14	11,2	6,8
79	63,2	174,2	32	25,6	89,6	15	12	5
78	62,4	172,4	31	24,8	87,8	16	12,8	3,2
77	61,6	170,6	30	24	86	17	13,6	1,4
76	60,8	168,8	29	23,2	84,2	18	14,4	— 0,4
75	60	167	28	22,4	82,4	19	15,2	2,2
74	59,2	165,2	27	21,6	80,6	20	16	4
73	58,4	163,4	26	20,8	78,8	21	16,8	5,8
72	57,6	161,6	25	20	77	22	17,6	7,6
71	56,8	159,8	24	19,2	75,2	23	18,4	9,4
70	56	158	23	18,4	73,4	24	19,2	11,2
69	55,2	156,2	22	17,6	71,6	25	20	13
68	54,4	154,4	21	16,8	69,8	26	20,8	14,8
67	53,6	152,6	20	16	68	27	21,6	16,6
66	52,8	150,8	19	15,2	66,2	28	22,4	18,4
65	52	149	18	14,4	64,4	29	23,2	20,2
64	51,2	147,2	17	13,6	62,6	30	24	22
63	50,4	145,4	16	12,8	60,8	31	24,8	23,8
62	49,6	143,6	15	12	59	32	25,6	25,6
61	48,8	141,8	14	11,2	57,2	33	26,4	27,4
60	48	140	13	10,4	55,4	34	27,2	29,2
59	47,2	138,2	12	9,6	53,6	35	28	31
58	46,4	136,4	11	8,8	51,8	36	28,8	32,8
57	45,6	134,6	10	8	50	37	29,6	34,6
56	44,8	132,8	9	7,2	48,2	38	30,4	36,4
55	44	131	8	6,4	46,4	39	31,2	38,2
54	43,2	129,2	7	5,6	44,6	40	32	40

2) Vergleichung der Réaumür'schen Thermometerscala mit der Fahrenheit'schen und Celsius'schen.

Réau-mür	Fahren-heit	Celsius	Réau-mür	Fahren-heit	Celsius	Réau-mür	Fahren-heit	Celsius
+80	+212	+100	+42	+126,50	+52,50	+ 4	+41	+ 5
79	209,75	98,75	41	124,25	51,25	3	38,75	3,75
78	207,50	97,50	40	122	50	2	36,50	2,50
77	205,25	96,25	39	119,75	48,75	1	34,25	1,25
76	203	95	38	117,50	47,50	0	32	0
75	200,75	94,75	37	115,25	46,25	— 1	29,75	— 1,25
74	198,50	92,50	36	113	45	2	27,50	2,50
73	196,25	91,25	35	110,75	43,75	3	25,25	3,75
72	194	90	34	108,50	42,50	4	23	5
71	191,75	88,75	33	106,25	41,25	5	20,75	6,25
70	189,50	87,50	32	104	40	6	18,50	7,50
69	187,25	86,25	31	101,75	38,75	7	16,25	8,75
68	185	85	30	99,50	37,50	8	14	10
67	182,75	83,75	29	97,25	36,25	9	11,75	11,25
66	180,50	82,50	28	95	35	10	9,50	12,50
65	178,25	81,25	27	92,75	33,75	11	7,25	13,75
64	176	80	26	90,50	32,50	12	5	15
63	173,75	78,75	25	88,25	31,25	13	2,75	16,25
62	171,50	77,50	24	86	30	14	0,50	17,50
61	169,25	76,25	23	83,75	28,75	15	— 1,75	18,75
60	167	75	22	81,50	27,50	16	4	20
59	164,75	73,75	21	79,25	26,25	17	6,25	21,25
58	162,50	72,50	20	77	25	18	8,50	22,50
57	160,25	71,25	19	74,75	23,75	19	10,75	23,75
56	158	70	18	72,50	22,50	20	13	25
55	155,75	68,75	17	70,25	21,25	21	15,25	26,25
54	153,50	67,50	16	68	20	22	17,50	27,50
53	151,25	66,25	15	65,75	18,75	23	19,75	28,75
52	149	65	14	63,50	17,50	24	22	30
51	146,75	63,75	13	61,25	16,25	25	24,25	31,25
50	144,50	62,50	12	59	15	26	26,50	32,50
49	142,25	61,25	11	56,75	13,75	27	28,75	33,75
48	140	60	10	54,50	12,50	28	31	35
47	137,75	58,75	9	52,25	11,25	29	33,25	36,25
46	135,50	57,50	8	50	10	30	35,50	37,50
45	133,25	56,25	7	47,75	8,75	31	37,75	38,75
44	131	55	6	45,50	7,50	32	40	40
43	128,75	53,75	5	43,25	6,25			

3) Vergleichung der Fahrenheit'schen Thermometerscala mit der Celsius'schen und Réaumür'schen.

Fahrenheit	Celsius	Réaumür	Fahrenheit	Celsius	Réaumür	Fahrenheit	Celsius	Réaumür
+212	+100	+80	+158	+70	+56	+104	+40	+32
211	99,44	79,56	157	69,44	55,56	103	39,44	31,56
210	98,89	79,11	156	68,89	55,11	102	38,89	31,11
209	98,33	78,67	155	68,33	54,67	101	38,33	30,67
208	97,78	78,22	154	67,78	54,22	100	37,78	30,22
207	97,22	77,78	153	67,22	53,78	99	37,22	29,78
206	96,67	77,33	152	66,67	53,33	98	36,67	29,33
205	96,11	76,89	151	66,11	52,89	97	36,11	28,89
204	95,55	76,44	150	65,55	52,44	96	35,55	28,44
203	95	76	149	65	52	95	35	28
202	94,44	75,56	148	64,44	51,56	94	34,44	27,56
201	93,89	75,11	147	63,89	51,11	93	33,89	27,11
200	93,33	74,67	146	63,33	50,67	92	33,33	26,67
199	92,78	74,22	145	62,78	50,22	91	32,78	26,22
198	92,22	73,78	144	62,22	49,78	90	32,22	25,78
197	91,67	73,33	143	61,67	49,33	89	31,67	25,33
196	91,11	72,89	142	61,11	48,89	88	31,11	24,89
195	90,55	72,44	141	60,55	48,44	87	30,55	24,44
194	90	72	140	60	48	86	30	24
193	89,44	71,56	139	59,44	47,56	85	29,44	23,56
192	88,89	71,11	138	58,89	47,11	84	28,89	23,11
191	88,33	70,67	137	58,33	46,67	83	28,33	22,67
190	87,78	70,22	136	57,78	46,22	82	27,78	22,22
189	87,22	69,78	135	57,22	45,78	81	27,22	21,78
188	86,67	69,33	134	56,67	45,33	80	26,67	21,33
187	86,11	68,89	133	56,11	44,89	79	26,11	20,89
186	85,55	68,44	132	55,55	44,44	78	25,55	20,44
185	85	68	131	55	44	77	25	20
184	84,44	67,56	130	54,44	43,56	76	24,44	19,56
183	83,89	67,11	129	53,89	43,11	75	23,89	19,11
182	83,33	66,67	128	53,33	42,67	74	23,33	18,67
181	82,78	66,22	127	52,78	42,22	73	22,78	18,22
180	82,22	65,78	126	52,22	41,78	72	22,22	17,78
179	81,67	65,33	125	51,67	41,33	71	21,67	17,33
178	81,11	64,89	124	51,11	40,89	70	21,11	16,89
177	80,55	64,44	123	50,55	40,44	69	20,55	16,44
176	80	64	122	50	40	68	20	16
175	79,44	63,56	121	49,44	39,56	67	19,44	15,56
174	78,89	63,11	120	48,89	39,11	66	18,89	15,11
173	78,33	62,67	119	48,33	38,67	65	18,33	14,67
172	77,78	62,22	118	47,78	38,22	64	17,78	14,22
171	77,22	61,78	117	47,22	37,78	63	17,22	13,78
170	76,67	61,33	116	46,67	37,33	62	16,67	13,33
169	76,11	60,89	115	46,11	36,89	61	16,11	12,89
168	75,55	60,44	114	45,55	36,44	60	15,55	12,44
167	75	60	113	45	36	59	15	12
166	74,44	59,56	112	44,44	35,56	58	14,44	11,56
165	73,89	59,11	111	43,89	35,11	57	13,89	11,11
164	73,33	58,67	110	43,33	34,67	56	13,33	10,67
163	72,78	58,22	109	42,78	34,22	55	12,78	10,22
162	72,22	57,78	108	42,22	33,78	54	12,22	9,78
161	71,67	57,33	107	41,67	33,33	53	11,67	9,33
160	71,11	56,89	106	41,11	32,89	52	11,11	8,89
159	70,55	56,44	105	40,55	32,44	51	10,55	8,44

Fahrenheit	Celsius	Réaumür	Fahrenheit	Celsius	Réaumür	Fahrenheit	Celsius	Réaumür
+50	+10	+8	+19	— 7,22	— 5,78	—11	—23,89	—19,11
49	9,44	7,56	18	7,78	6,22	12	24,44	19,56
48	8,89	7,11	17	8,33	6,67	13	25	20
47	8,33	6,67	16	8,89	7,11	14	25,55	20,44
46	7,78	6,22	15	9,44	7,56	15	26,11	20,89
45	7,22	5,78	14	10	8	16	26,67	21,33
44	6,67	5,33	13	10,55	8,44	17	27,22	21,78
43	6,11	4,89	12	11,11	8,89	18	27,78	22,22
42	5,55	4,44	11	11,67	9,33	19	28,33	22,67
41	5	4	10	12,22	9,78	20	28,89	23,11
40	4,44	3,56	9	12,78	10,22	21	29,44	23,56
39	3,89	3,11	8	13,33	10,67	22	30	24
38	3,33	2,67	7	13,89	11,11	23	30,55	24,44
37	2,78	2,22	6	14,44	11,56	24	31,11	24,89
36	2,22	1,78	5	15	12	25	31,67	25,33
35	1,67	1,33	4	15,55	12,44	26	32,22	25,78
34	1,11	0,89	3	16,11	12,89	27	32,78	26,22
33	0,55	0,44	2	16,67	13,33	28	33,33	26,67
32	0	0	1	17,22	13,78	29	33,89	27,11
31	— 0,55	—0,44	0	17,78	14,22	30	34,44	27,56
30	1,11	0,89	— 1	18,33	14,67	31	35	28
29	1,67	1,33	2	18,89	15,11	32	35,55	28,44
28	2,22	1,78	3	19,44	15,56	33	36,11	28,89
27	2,78	2,22	4	20	16	34	36,67	29,33
26	3,33	2,67	5	20,55	16,44	35	37,22	29,78
25	3,89	3,11	6	21,11	16,89	36	37,78	30,22
24	4,44	3,56	7	21,67	17,33	37	38,33	30,67
23	5	4	8	22,22	17,78	38	38,89	31,11
22	5,55	4,44	9	22,78	18,22	39	39,44	31,56
21	6,11	4,89	10	23,33	18,67	40	40	32
20	6,67	5,33						

Register.

Die eingeklammerten Zahlen zeigen an, wie oft ein Gegenstand an mehreren Stellen auf einer Seite vorkommt.

Seite

A = Essigsäure 278
a Albumin 352
Abänderung, allotropische 121
—— der Affinität 24
—— der Verwandtschaft —
Abbähen des Meilers 632
Abdampfen 75
Abdampfschalen 75. 90
Abgießen 94
Abknistern = ein Salz z. B. Kochsalz austrocknen, welches dabei verknistert.
Abkochung 74
Abkühlen 79. 80
Abrauchen = Abdampfen 75
Abrauchschalen —
Abschwefeln der Metalle 184
—— der Steinkohlen = durch Ausglühen zum Theil von S. befreien 379
Absinthium 333
Absoluter Alkohol 369
Absonderungssaft 394. 395
Absorbirbarkeit der Gase 57
Absorption 22. —
—— der Blätter 462
—— der Wurzel 458
Absorptionsvermögen 57
Abstehen des Glases = Erblinden 514
Absterben des Glases —
—— des Zuckers 38
Absud 74
Abziehen 82

Seite

$\ddot{A}c$ = Essigsäure 278
Acaciengelb 340
Acacin 314
a Caseïn 353
Acetate 278
Aceticum acidum —
Acetylsäure —
Achatreibschale 54
Acidimetrie 669
Acidum aceticum 278
—— apocrenicum 373
—— benzoicum 288
—— butyricum 363
—— carbonicum 123
—— cinchotannicum 294
—— citricum 284
—— coccotannicum 294
—— crenicum 372
—— formicum 279
—— gallicum 296
—— gallitannicum 292
—— gallotannicum —
—— humicum 370
—— lacticum 363
—— malicum 285
—— mimotannicum 294
—— nitricum 119
—— oxalicum 281
—— quercitannicum 291
—— succinicum 287
—— tannicum 289
—— tartaricum 282
—— ulmicum 372
—— uvicum 284
Ackerboden = Bodenkrume 499
Ackererde = Bodenkrume 499 oder = Humus 369

Seite

Ackerkrume = Bodenkrume 469
Ackerhumus 418
Ackersäure 375
Aconitin 299
Aconitsäure 285
Acorus calamus, Aschenanalyse 388
Activität der Metalle 161
Ae = Äthyl 380
Aëriren 57
Affinität 14
——, Abänderung der 24
——, Gesetze der 19
——, Größe der 24
——, Tafel der 194. 198
AG = Atomgewicht 29
Ag = Silber 34
Ag = 2 Atome Silber
$\dot{A}g$ = Silberoxydul
$\dot{A}g$ = Silberoxyd
$\ddot{A}g$ = Silberhyperoxyd
$\acute{A}g$ = Schwefelsilber
Agriculturchemie 10
——, Literatur 3
Agronomie 499
——, Literatur s. Bodenkunde 4
Agrostemma Githago, Aschenanalyse 389
Ahorn, Anbau, Literat. 8
Ahornrinde, Gerbstoffgehalt 290
Ahornzucker 671
——, Literatur 8
Akazie rc. s. Ac.

Seite

Akmit 217
Aktivität der Metalle 161
Al = Aluminium 250
Al = 1 Doppelatom Aluminium
$\overset{\cdots}{Al}$ = Thonerde —
Alabaster 245
Alambic = Destillirblase, auch Destillirhelm 78
Alantin = Inulin 310
Alantstärkmehl —
Alaun 252
—— gegen Holzfäulniß 608
——, gemeiner 252
——, Kali- —
Alaunerde 250
Albit 217. 522
Albumin 351. 352
Albumin a, —
—— b, —
Aldehyd 364
Alembic = Destillirblase, auch D.-Helm 78
Algenzucker = Mannit 317
Alkali 50
——, flüchtiges = Ammoniak 238
——, mineralisches = Natron 234
——, Pflanzen- = Kali 221
——, vegetabilisches = Kali —
Alkalien 50. 155
—— als Bodenbestandtheile 540
——, Anwendung 180
——, ätzende 177
——, Auflöslichkeit 176
——, caustische 177
——, Darstellung 172
——, Farbe 173
——, feuerbeständige = sämmtliche Alkalien außer Ammoniak
——, fixe desgl.
——, kaustische 177
——, Löslichkeit 176
——, Metalle der 155
——, milde 177
——, organische 299
——, Pflanzen- —
——, Radikale der 155
——, Verhalten zu Metallen 165
——, Verhalten zu Metalloxyden 179
——, Verhalten zu Schwefel —
——, Wirkung auf Pflanzen 460
Alkalimetalle 155

Alkalimeter v. Decroizilles 667
Alkalimetrie v. Fresenius und Will 669
Alkalische Erden 50. 155
—— —— als Bodenbestandtheile 536. 538
—— ——, Anwend. 180
—— ——, ätzende 177
—— ——, Auflöslichkeit 176
—— ——, caustische 177
—— ——, Darstellung 172
—— ——, Farbe 173
—— ——, kaustische 177
—— ——, Löslichkeit 176
—— ——, Metalle d. 155
—— ——, Radikale d. —
—— ——, Verhalten zu Schwefel 179
Alkalische Erdmetalle 155
—— Reaction 63
—— Salze 45. 46
Alkaloide 299
Alkohol 362. 368
——, absoluter 369 (2)
——, Holz- 377
——, Schwefel- 131
Allanit 217
Allgemeine Chemie 9. 10
Alliaria officinalis, Öl 324 (2)
Allotropie 121
—— des Bors 135
—— des Borons —
—— des Kiesels 136
—— des Kohlenstoffs 121
—— des Schwefels 126
—— des Siliciums 136
Alluvium 510. 521
Alphaharz 326
Älterer Sandstein, 527
—— ——, Boden des 527
Althäin 337
Alumen 250
Aluminium —
Aluminate 219
Amalgam 51. 168
——, natürliches 169
Amalgamation 168
Amblygonit 213
Ambos 54
Ameisen, Benutzung 280
Ameisensäure 279
Ameisensaure Salze 280
Ametalle 12
Amidon 307

Ammelmehl = Stärkm. 307
Ammoniak 238
—— als Bodenbestandtheil 540
——, anderthalbkohlensaures 240
——, ätzendes 239
——, Bestimmung 585
——, Bildung 239. 418
—— carbonat = kohlensaures A. 240
——, caustisches = Ätzammoniak 239
—— des Bodens 540
——, Entstehung 239. 418
—— flüssigkeit 239
——, Gewinnung aus Braunkohle, Sumpferde ꝛc. 650
—— gummi 332
——, humussaures 371
——, kaustisches = Ätzammoniak 239
——, Kitt für 99
——, kleesaures 282
——, kohlensaures 240
—— liquor = -Flüssigkeit 239
—— nitrat = salpetersaures A. 241
—— oxalat = oxalsaures A. 282
——, salpetersaures 241
——, schwefelsaures —
——, sesquicarbonat = anderthalbkohlensaures A. 240
—— sulphat = schwefelsaures A. 241
——, Umwandlung in Salpetersäure 117
Ammonium 238
——, Chlor- 241
—— oxyd 238
——, Schwefel- 241
Amorphie 37
Ampferroth 344
Amphidsalze 46
Amphigene Stoffe 44
Amphotere Stoffe 42
Amylon s. Stärkm. 142. 307
Analyse 53
——, Boden- 576
——, —— für praktische Zwecke —
——, —— genaue 578
——, —— qualitat. —
——, —— quantitat. 582
——, Elementar- 271
——, Erkennungs-, = qualitative 443

Seite
Analyse der Pflanzen 442
——, organische in nähere Bestandtheile —
——, organische in Elementarbestandtheile 271
——, qualitative = Prüfung der chemischen Beschaffenheit mit Reagentien
——, quantitative = Scheidung der Bestandtheile zur Bestimmung ihrer Quantität
Analytische Chemie 9
—— —— Liter. 2
Anatas 172
Anbrüchiges Holz 429
Andalusit 216
Anderthalbkohlensaures Ammoniak 240
Anderthalbschwefeleisen 263
Anemonenkampher 323
Anemonin —
Anhydrit 245
Anisöl 323
Anlassen des Stahls 254
Anlaufen der Metalle 157
Anorganische Basen 159. 299
—— Bestandtheile der Blätter 385 (2) 386. 387
—— —— der Blüten 386
—— —— des Holzes und der Rinde 385 (2) 386 (2) 387
—— —— der Kräuter 385. 386. 389
—— —— des Laubes 385 (2) 386. 387
—— —— der Pflanzen 385. 390
—— —— der Samen 389
—— —— der Streumaterialien 387
—— ——, Wichtigkeit 392
Anorganische Chemie 9. 101
—— Radikale 41. 270
—— Säuren 42. 50. 277
—— Stoffe 41
Anschießen 76
Ansicht, atomistische über die chem. Verbdg. 16. 28
——, dynamische über die chem. Verbindung 16
Anthemis arvensis, Aschenbestandtheile 389
—— nobilis, Blüten, Bestandtheile, nähere 434
Anthophyllit 217
Anthosiderit —
Anthoxanthum 324
Anthracit 121
Antimon 12. 13
Antimonblende 182
Antimonglanz —
Antimonocker 172
Antiseptische Mittel s. fäulnißwidrige M. 357
Anziehung, chemische = Verwandtschaft 14
Apatit 213. 246
Apfelbaumholz, Aschenbestandtheile 387
Äpfel, Bestandth., nähere 440
Äpfelbranntwein
Äpfelsäure 285
Äpfelsaure Salze 286
Apfelsinenöl 322
a Phosphorsäure 133
Apocrenate 374
Apocrenicum acidum 373
Apophyllit 217
Apothekergewicht 100
Apparate, pneum. 82—86
——, Woolf'scher 81
——, chemische 54—98
——, chem., Literatur 2
Äq = Äquivalent 26
Aquifolium 327
Äquivalent 26
Äquivalentenlehre 27
Äquivalentenscala 680
Äquivalententafel —
$\overset{+}{Ar}$ = Aricin (Alkaloid)
Arabin 314
Arabisches Gummi —
Aragonit 208
Arbutus uva ursi, Blätter, Bestandth., nähere 432
Aroma des Weins 361
Aronöl 324
Arsen od. Arsenikmetall 12. 13
Arsenige Säure gegen Holzfäulniß 601
Arsenik = arsenige Säure
—— gegen Holzfäuln. 608
Arsenikblüte 172
Arsenikglanz 169
Arsenikmetall = Arsen 12. 13
Arsenik, weißer = arsenige Säure
Artemisia absinthium 333
Arum maculatum, Öl 324
As = Arsen od. Arsenikmetall 33
As = 2 Atome Arsen
$\dot{As}$ = Arsensuboxyd
$\overset{\cdot\cdot\cdot}{As}$ = arsenige Säure
$\overset{\cdot:\cdot}{As}$ = Arseniksäure
$\overset{'}{As}$ = Einfachschwefelarsen
$\overset{'''}{As}$ = Anderthalbschwefelarsen
$\overset{,;;}{As}$ = Dritthalbschwefelarsen
Asarin 324
Asarumkampher = Asarin —
Asbest 217
Asche 121. 663
——, Auslaugen d. 663. 665
——, Bestandtheile 385. 390. 663
—— brennen —
—— des Holzes, Bestandtheile 390
——, heiße, Feuergefährlichkeit 664
——, Knochen- = Knochenerde 246
——, Perl- 667
——, Zusammendrückbarkeit 664
Aschenanalysen 385
Aschenbad 72
Aschenbehälter = Aschenfall 65
Aschenfall —
Aschengehalt der Hölzer 385—387. 661. 662.
Aschengehalt der Pflanzen 385—389. 661—663
Aschenlauge, Einsied. 663. 665
Aschenraum 65
Äsche, s. Esche
Äscher 665
Äskulin 333
Asparagin 337
Aspe s. Espe
Aspergilla 343
Asperula cynanchica —
—— odorata 324. —
—— tinctoria —
Assamar 375
Asse 100
Assimilation der Pflanzennahrung 461
At, Bedeutung als Endsylbe 51
$\overline{At}$ = Atropin 290
Atacamit 202
Äther 380
Ätherische Öle 321
Äthersäuren 380
Äthyl —
Äthyloxyd —
Atmosphärische Luft 112. 487
Atmosphärologie 486

Seite

Atom 28
Atomgewicht 33
Atomgewichte, Tafel der 680
Atomistik 28
Atomistische Ansicht 16. —
Atomtheorie 16. —
Atomzahl 29
——, Bestimmung bei organischen Körpern 274
Atropa Belladonna 299. 350
—— —— Blätter, Bestandtheile, nähere 431
Atropin 299
Attigbeerenbranntwein 674
Attigbeerenvogelleim 327
Ätzammoniak 239
Ätzbaryt = Baryt 242
Ätzen des Glases 143
Ätzkali 221
Ätzkalk 243
Ätzlauge 222
Ätznatron 234
Ätzstein 222
Au = Gold 33
Au = 2 Atome Gold
$\dot{\mathrm{Au}}$ = Goldoxydul
$\ddot{\mathrm{Au}}$ = Goldoxyd
Au' = Einfachschwefelgold
Au'' = Anderthalbschwefelgld.
Aufbewahrung organischer Stoffe s. fäulnißwidrige Mittel 357
Aufbrausen 19. 63
Auffangen der Gase 83
Aufgeschwemmtes Land = Alluvium 510. 521
Aufguß 74
Auflösung 17. 55. 61. 458
Auflösungsmittel 56
Aufstoßen beim Kochen zu hindern 72. 99
Augit 217 (2)
Auripigment 182
Ausblühen = effloresciren 77
Ausdünstung d. Pflanzen 462
Ausfüttern der Tiegel 90
Aushellen der Flüssigkeiten 98
Auslaugen 97
Auspressen 98
Ausputzen der Gefäße s. Reinigen 99
Ausscheidung d. Blätter 462
—— der Wurzel 456. 457. 458
Aussüßen 97
Austreiben der Gase aus Flüssigkeiten 83

Seite

Austrocknen 77. 108. 130. 444
—— der Gase 83
—— des Holzes 412. 605
—— ——, Literatur 7
—— —— durch Chlorcalcium 77. 83. 444
—— —— durch Schwefelsäure 77. 130. —
Auswachsen = effloresciren 77
Auswahl der Nahrung von den Pflanzen 461
Auswaschen 97
—— der Gefäße s. Reinigen 99
Auswittern = effloresc. 77
Auswuchs = Efflorescenz —
Ausziehen 58
Auszug —
Axinit 215. 216
Axotombleispath 208
Az = Azot 110
Azolitmin 342
Azot 110

B = Boron 135
$\ddot{\mathrm{B}}$ = Boraxsäure —
— auch = Benzoylsäure 288
$\bar{\mathrm{B}}$ = Benzoësäure —
Ba = Baryum 242
$\dot{\mathrm{Ba}}$ = Baryt oder Baryterde —
$\ddot{\mathrm{Ba}}$ = Baryumhyperoxyd
Ba' = Schwefelbaryum 243
Bad 72
——, Aschen- —
——, Bittererde- s. Talkerde- —
——, Chlorcalcium- 73
——, Chlorzink- —
——, Dampf- —
——, Magnesia- s. Talkerde- 72
——, Marien- 73
——, Metall- —
——, Öl- —
——, Schwefelsäure- —
——, Talkerde- 72
——, Wasser- 73
Baggertorf 366
Bähen des Meilers 632
b Albumin 352
Ballistoxyd 301
Ballon, Glas- 78
——, Luft- 107. 125
Balsame 325. 326
Bärentraube, Blätter, Bestandtheile, nähere 432

Seite

Baryt 242
Baryterde
Barythydrat —
Barytnitrat = salpetersaurer B. 243
Barytocalcit 208
Barytsalze 242
——, salzsaurer = Chlorbaryum 243
——, schwefelsaurer —
Barytsulphat = schwefelsaurer B. —
Barytwasser 242
Baryum —
——, Chlor- 243
——, Schwefel- —
Basalt 528
Basaltboden —
——, Verwitterung 528
Base = Basis 41. 41
Basen, anorganische —
Basenbilder —
——, dreisäurige 45
——, einsäurige —
——, organische 270. 299
——, zweisäurige 45
Basis 41. 44
——, stärkste 222
Basische Reaction s. alkalische R. 63
—— Salze 48
Bassorin 314
Bast, Eichen-, Aschenbestandtheile 385
Baumcochenille 341
Baumerde 369
Baumrinde, Aschenbestandtheile 385 (2) 386 (2) 387
—— ——, Gerbstoffgehalt 290
—— ——, nähere Bestandtheile 429
Baumsäfte s. Nahrungssaft 394
Baumwolle, explosive 301
Baumwolle, Schieß- —
Bäume, Blei- 146
——, Einschlagen des Blitzes in 493
——, Silber- 146
b Caseïn 353
Be = Beryllium 33
$\ddot{\mathrm{Be}}$ = Beryllerde
$\bar{\mathrm{Be}}$ = Benzoësäure 288
Beißelbeere = Berberis vulgaris 399
Beleuchtung mit Wasserstoffgas 108
Belladonna 299. 350

Seite
Belladonnablätter, Bestandtheile, nähere 432
Benzoate 288
Benzoësäure —
Benzoësaure Salze —
Benzoyl —
Benzoylsäure —
Benzoylwasserstoff —
Berberin 340
Berberis vulgaris, Wurzel, Bestandtheile, nähere 399
Berge, Einfluß auf Luftfeuchtigkeit 489
——, Einfluß auf Lufttemperatur 490
——, Einfluß auf Witterung 489
Bergkrystall 136
Bergöl = Steinöl 322
Bergschwaden = Sumpfluft 124
Bergwind 496
Berlinerblau 262
Bernsteinsäure 287
Bernsteinsaure Salze —
Beryllium 12. 13
Berzelius' Weingeistlampe 70
Beschlag = Efflorescenz 77
Beschläge 91
Bestandtheile 11
—— des Bodens 532. 590
—— des Bodens, Erkennung aus der Wasseraufnahmsfähigkeit 573
—— der Körper 11
—— der Körper, Eintheilung 12
—— der Körper, elementare —
—— der Körper, entferntere —
—— der Körper, nähere —
——, Neben- = in sehr kleiner Quantität vorhandene Bestandtheile einer Verbindung
—— der Pflanzen, anorganische 385
—— d. Pflanzen, anorganische, Literatur 2
—— d. Pflanzen, anorganische, Wichtigkeit 392
—— der Pflanzen, nähere —
—— der Pflanzen, organische 393
Betaharz 326
Betulin 323
Bi = Wismuth 34
Seite
Bi = 2 Atome Wismuth
$\dot{\text{Bi}}$ = Wismuthoxyd
$\ddot{\text{B}}$ = Wismuthsäure
Bi = Einfachschwefelwismuth
Bi = Anderthalbschwefelwismuth
Bicarbonat, Bittererde- = zweifachkohlensaure Magnesia 249
Bicarbonat, Kalk- = doppeltkohlensaurer K. 244
——, Eisenoxydul- doppeltkohlens. E. 257
——, Magnesia- = zweifachkohlens. M. 249
——, Talkerde- = zweifachkohlens. T. —
Bichlorid 51
Bienenwachs 320
Bier 362
Bierbrauerpech = schwarzes Pech 645. 656
Bildungssaft 394
Bilsenkrautsamen, Bestandtheile, nähere 439
Bimsstein 216
Binäre Verbindungen 40
Bioxolat, Kali- = doppeltoxalsaures K. 282
Bioxyd 49
Biphosphat, Kalk- = zweifachphosphorsaurer K. 246
Birkenblättergelb 340
Birkenboden 556
Birkenkampher 323
Birkenöl, ätherisches 322
—— (Theer) 379. 655
Birkenrinde, Bestandtheile, nähere 430
——, Gerbstoffgehalt 290
Birkensaft 673
——, Literatur 8
Birkentheer 379
Birkenwasser 673
——, Literatur 8
Birkenwein 673
——, Literatur —
Birkenzucker —
——, Literatur —
Birnblättergelb 341
Bisulphat, Kali- = zweifachschwefelsaures K. 224
Bisulphurete 181
Bitartrat, Kali- = doppeltweinsaures K. 283
Bittererde 247
Seite
Bittererde, Vorkommen 247. 522
—— als Bodenbestandtheil s. Talkerde 538
—— bad 72
—— bicarbonat = zweifachkohlens. Magnesia 249
—— carbonat = kohlensaure B. —
——, doppeltkohlensaure —
—— hydrat 247
——, kieselsaure 249
——, kohlensaure —
—— salze 247
——, salzs. = Chlormagnesium 249
——, salzs. gegen Holzfäulniß s. Chlormagn. 608
——, schwefelsaure 248
—— silicat = kieselsaure Magnesia 249
—— sulphat = schwefelsaure B. 248
——, zweifachkohlens. 249
Bitter, Eschenrinden- = Äskulin 333
——, Flechten- 335
——, Isländischmoos- = Cetrarin 334
——, Pappelrinden- = Salicin —
——, Weidenrinden- = Salicin —
——, Wurzelrinden- = Phlorrhizin —
Bitterkalk 530
Bitterkalkboden —
Bitterklee 333
Bittersalz 248
Bittermandelöl 323
Bittersäure 347
Bitterspath 208
Bitterstoffe = bittere Extraktivstoffe 333
Bitterwasser 248
——, Welters 347
——, Wermuth- 333
Blase, Branntwein- = Destillirblase 78
——, Destillir- —
Blaserohr = Löthrohr 71
Blase, thierische zur Entwässerung des Weingeistes 23. 368. 459
—— —— zum Verschließen der Gefäße 74
Blasengrün 350
Blattgelb 340
Blattgrün 348
Blattroth 344

Seite
Blätter 431
—— aschenanalysen 385 (2) 386. 387
——, Absorption 462
——, Ausdünstung —
——, Ausscheidung —
——, Bestandth. anorganische 385 (2) 386 (2) 387
——, Bestandtheile, nähere 431. 442
——, Function —
——, Secretion —
——, Ueberzug, wachsartiger s. Wachs 320 und Blattgrün 348
Blau, aus Chlorophyll 350
—— beere s. Heidelbeere
——, Berliner- 262
——, Eisen- 213
—— eisenstein 217
——, Indigo- 346
——, Kornblumen- 348
——, Lackmus- 343
——, Pariser- 262
Blaue Farbstoffe 345
—— Pigmente s. Farbst. —
Blaues Lackmuspapier 343
Blausalz = Kaliumeisencyanür 261
Blausaures Eisenkali, gelbes = Kaliumeisencyanür —
—— Eisenkali, rothes = Kaliumeisencyanid 262
—— Eisenoxyd = Eisencyanid 260
—— Eisenoxydkali = Kaliumeisencyanid 262
—— Eisenoxydul = Eisencyanür 260
—— Eisenoxydulkali = Kaliumeisencyan. 261
—— Eisenoxyduloxyd = Eisencyanürcyanid 262
—— Kali = Cyankalium 233
Blausäure 144
Blaustoff = Cyan —
Blech, Platin- 71
Blei 12. 13
Bleibäume 146
Bleierz, Schwarz- 208
—— von Mendiff 202
——, Weiß- 208
Bleigefäße 81. 129. 143
Bleiglanz 182
Bleigummi 219
Bleihornerz 202
Bleikammer 128
Bleiretorten 81. 143
Bleivitriol 210

Seite
Bleichen s. schwefl. Säure 128 und Chlor 140
Blende 181
——, Antimon- 182
——, Mangan- 207
——, Zink- 182
Blitz 492
—— ableiter 494
——, Einschlagen dess. 493
——, Zünden dess. 494
Blume des Weins 362
Blumen (chemische) 91
——, Benzoë- = Benzoësäure 288
——, blauer Farbstoff 348
——, gelber —— 340. 341
——, rother —— 344
——, Schwefel- 126
—— das übrige s. Blüten
Blutlaugensalz 261
——, gelbes —
——, rothes 262
Blutstein 258
Blüte, Arsenik- 172
——, Uran- 208
Blüten, Bestandtheile, anorganische 386
——, Bestandtheile, nähere 433. 442
—— blau 348
—— gelb 340. 341
——, Honig liefernde 436
—— öle 435
—— roth 344
——, Schwefel- = Schwefelblumen 126
—— staub = Pollen 435
——, Wachs liefernde 436
Bockleter Wasser 122
Boden 499
——, Absorption d. Gase 550
—— analyse für praktische Zwecke 576
—— analyse f. wissenschaftliche Zwecke 578
—— analyse, qualitative —
—— analyse, quantitative 582
—— analysen, Tab. 590. 592
—— arten vergl. Boden, Eintheilung
——, Auswahl zur Untersuchung 569
——, Basalt- 528
—— bearbeitung, mechanische 595
——, bedürftiger 555
—— bestandtheile 532. 590
—— bestandtheile, dauernde 532 (2)
—— bestandtheile, Einfluß auf Holzwuchs 552

Seite
Bodenbestandtheile, Erkennung an der Wasseraufnahmsfähigkeit 573
—— bestandtheile, Erkennung d. Schlemmen 593
—— bestandtheile, veränderliche 532 (2)
—— bestandtheile, Verhalten z. Elektricität 554
——, Beurtheilung 568
——, Beurtheilung nach äußeren Kennz. 573. 592
——, Beurtheilung nach der Vegetation 568. 593
——, Bindekraft = Cohäsion 554
——, bindiger 554 (2)
——, Birken- 556
——, Bitterkalk- 530
——, Bruch- 546. 594
——, Buchen- 556
——, Cohäsion 554
——, Cohäsion, Bestim. 571
——, Consistenz s. Coh. 554
——, Consistenz, Best. 571
——, Constitution, chemische s. Bestandtheile 532. 590
—— decke 595
—— decke, Bestandth. 387. 596 s. auch Blätter
—— decke, Einfluß auf Holzertrag 603
—— decke, Erhaltung 602
—— decke, Zweck 595
—— des älteren Sandst. 527
—— des Todtliegenden —
——, Diorit- —
——, Dolerit- 529
——, Dolomit- 530
——, Duckstein- —
——, dürrer 549
——, Einschrumpfen b. Trocknen, Bestimm. 572
——, Eintheilung nach Bestandtheilen 565
——, Eintheilung nach Cohäsion 554
——, Eintheilung nach dem Orte der Entstehung od. Ablagerung 516
——, Eintheilung nach den Gewächsen dess. 556
——, Eintheilung nach der Vegetation —
——, Eintheilung nach Erwärmung 553
——, Eintheilung nach Feuchtigkeit 549
——, Eintheilung nach Thätigkeit 555

Seite
Boden, Eintheilung nach Tiefe 551
——, Eisen-541. 564. 565
——, eisenhaltiger 539 541. 564
——, Eisen-, kalkiger 566
——, Eisen-, lehmiger —
——, Eisen-, mergeliger —
——, Eisen-, sandiger —
——, eisenschüssiger —
——, Eisen-, thoniger —
——, erdfeuchter 549
——, Fähigkeit, Sauerstoff zu absorbiren, Prüfung auf 575
——, fester 554
——, fetter 555
——, feuchter 548. 549
—— feuchtigkeit 548
—— feuchtigkeit, stagnir. —
—— feuchtigkeit, stehende —
—— feuchtigkeit, wechsel. 549
——, Fichten- 556
——, Flötzgrünstein- 529
——, Fluß- 516. 517
——, Flußmarsch- 590
——, Flußniederungs- 517
——, frischer 549
——, Gasabsorpt. 549. 575
——, Gebirgs- 516. 517
——, geschlossener 554
——, gesteinfeuchter 549
——, Gewicht, absolut. 570
——, Gewicht, specif. —
——, Gewicht, specif. Bestimmung 569
——, Glimmerschiefer- 526
——, Gneis- 525
——, Granit- 524
——, Graustein- 529
——, Grauwacken- 526
——, grundfeuchter 549
——, grundnasser —
——, Grünstein- 527
——, Güte 568
——, Güte, bedingte —
——, Güte nach den Gebirgsarten, woraus er entstand 523—531
——, Güte unbedingte 568
——, Gyps- 531. 538. 564. 594
——, Haide- 548. 590
——, Hainbuchen- 556
——, hitziger 553. 555
——, humoser 565 (2)
——, Humus- 564. 565
——, humusarmer —
——, humusfeuchter 549
——, Humus-, kalkiger 566
——, Humus-, lehmiger —

Seite
Boden, Humus-, mergeliger 566
——, Humus-, reicher 565 (2)
——, Humus-, sandiger 566
——, Humus-, thoniger —
——, Humus-, vermögender 565
——, hungeriger 555
——, Kalk- 530. 563. 565. 590. 594
——, Kalk-, lehmiger 566
——, Kalk-, sandiger —
——, Kalk-, thoniger —
——, kalkhaltiger —
——, kalkiger —
——, kalkloser —
——, Kalksandstein- 531
——, Kalktuff- 530
——, kalter 553
——, kaltgründiger 548
——, Kiefer- 556
——, Kreide- 530. 563
—— krume 499
—— krume, Entstehung s. Erdkrume 514
—— kunde 499
—— kunde, Literatur 4
——, Lehm- 561. 565. 566. 590. 593
——, Lehm-, humusreicher 566
——, Lehm-, mergelkalkig. —
——, Lehm-, milder —
——, Lehm-, salziger 562
——, Lehm-, sandiger 566
——, Lehm-, starker —
——, Lehm-, strenger —
——, Lehmsumpf- 518 (2)
——, leichter 554. 570
——, lockerer 554
——, loser —
——, luftfeuchter 549
——, luftnasser —
——, Luftwechsel im 550
——, Marsch- 518 (2)
——, Meeres- 520
——, Meeressand- 560
——, Mergel- 537. 565. 590. 594
——, Mergel-, kalkiger 566
——, Mergel-, lehmiger —
——, Mergel-, sandiger —
——, Mergel-, thoniger —
——, Mergelsandstein- 531
——, Moor- 518. 519. 546. 590
——, Moostorf- 518. 519
——, nasser 548
——, Porphyr- 525
——, primärer 516

Seite
Boden, Probeschlemmen des 593
——, Quarzsandstein- 531
——, quelliger 520
——, Salz- 538. 594
——, Sand- 532. 559. 566. 590. 593. 594
——, Sand-, lehmiger 561 566. 590
——, Sand-, mergeliger 561. 566
——, Sand-, schlechter —
—— Sandstein- 531
——, Sauerstoffabsorption, Prüfung auf 575
——, saurer 540. 546
——, Säuren des 540
——, schlüpfriger 555
——, schmieriger —
——, schwerer 554. 555. 570
——, Schwinden dess. beim Trocknen 572
——, secundärer 516
——, steiniger 556. 566
——, Seesumpf- 518. 520
——, Sumpf- 517
——, Sumpf-, Arten dess. 518
——, Sumpf-, Eintheil. —
——, Sumpftorf- 518. 520
——, sumpfiger 549
——, Syenit- 527
——, Talk- 538
——, tauber 555
——, Thal- 516. 517
——, thätiger 555
——, Thon- 535. 563. 565. 590. 593
——, Thon-, kalkig. 563. 566
——, Thon-, mergeliger —
——, Thon-, reiner 563
——, Thon-, sandiger 566
——, Thonsandstein- 531
——, Thonschiefer- 526
——, Tiefe dess. 551
——, Tiefe, Einfluß auf den Waldbau —
——, Tiefe, Ursachen der —
——, todter 555
——, Torf- 518. 519. 547. 594
——, träger 555
——, trockner 549
——, überthätiger 555
Bodenunterlage 499. 566 590
—— unterlage, Bestandtheile 566
—— unterlage, Einfluß auf Bodenbeschaffenh. 567
—— unterlage, felsige —
—— unterlage, kiesige —
—— unterlage, lehmige —

Seite

Bodenunterlage, lettige 567
—— unterlage, Raseneisenstein als —
—— unterlage, sandige —
—— unterlage, steinige —
—— unterlage, thonige —
—— untersuchung 568
Bodenuntersuchung, physikalische 569—575
—— untersuchung, chemische 576
—— untersuchung, chemische, für prakt. Zwecke —
—— untersuchung, chemische, für wissenschaftliche Zwecke 578
—— untersuchung, chemische, qualitative —
—— untersuchung chemische, quantitative 582
——, Verhalten nach d. vorwalt. Bestandthle. 556
——, Verhalten zur Elektricität 553
——, Verhalten z. Luft 549
——, Volumverminderung beim Austrocknen, Bestimmung 572
——, Wacke- 529
——, warmer 553
——, wärmehaltende Kraft, Bestimmung 575
——, Wasseranziehung, Bestimmung 574
——, Wasseraufnahme, Bestimmung 572
——, wasserharter 563
——, wasserzurückhaltende Kraft, Bestimmung 574
——, Weiden- 561
——, zäher 555
——, zehrender —
——, Zusammenschrumpfen beim Trocknen 572
——, Zusammensetzung, chemische s. Bestandtheile 532. 590
Bohnenpflanze, Aschenanalyse 389
——, Raabs Beobachtung an der 468
——, Samen, Aschenanalyse 389
Boletus lacrymans 604
Bor 135
Boracit 215
Borate 136.
Borat, Natron- s. Borsaures N. 215. 237
Borax —

Seite

Boraxsaure Salze 136. 215
Boraxsaures Natron 237
Boraxsäure 135
Boraxweinstein 48
Boraxweinsteinsaur. Kali 136
Boron 135
Borsäure —
Borsaure Salze 136. 215
Borsaures Natron 237
Bouquet des Weins = Aroma 361
b Phosphorsäure 133
Br = Brom 143
B̄r = 1 Doppelatom B.
B̈r = Bromsäure
B̶r = Brucin (Alkaloid)
Brand (Kohlen-) 625. 627
Brandöl 321. 375
Brände, Kien- 644
Branntwein 362. 369
—— aus Attigbeeren 674
—— aus Eicheln 674. 675
—— aus Früchten 674
—— aus Heidelbeeren 674 (2)
—— aus Holzäpfeln 674. 676
—— aus Holzbirnen —
—— aus Kastanien 674. 675
—— aus Mahalebpflaumen 676
—— aus Pflaumen —
—— aus Roßkastanien 674. 675
—— aus Schlehen 676
—— aus Traubenkirsch. —
—— aus Vogelbeeren 674. 676
—— aus Wachholderbeeren 674. 676
—— aus Waldfrüchten 674
—— aus Zwetschken 676
—— blase = Destillirblase 78
—— essig 364
—— kessel = Destillirblase 78
——, Prüfung a. Kupfergehalt 164
Brassica Rapa, Aschenbestandtheile 389
Brassica Napus, Samen, Aschenbestandtheile —
Brauerpech = schwarzes Pech 645. 656
Braun, Indig- 346
Brauneisenerz 171. 258
Brauneisenstein —
Brauner Farbstoff der Baumrinden 345

Seite

Braunit 171. 266
Braunkohlen, Brennwerth, Literatur 5
——, Entstehung der 367 (2)
—— Entstehung, Liter. 8
——, Gewinnung v. Kohle, Holzessig, Theer rc. aus 650
——, Untersuchung, Literatur 8
Braunspath 249. 522
Braunstein = Manganhyperoxyd 267
Brennbare Luft 106
Brennbarkeit der Körper 105
Brennen 88. 103 auch = destilliren 78
Brennkraft des Holzes oder Heizkraft 420. 638
—— der Kohle 638. 639
Brennmaterial, Wasserstoff als 108
——, Weingeist als 69
Brennmaterialien für chemische Operationen 93
Brennnesselroth 344
Brennöl 677
Brennstahl = Cämentstahl 254
Brennstoff = Phlogiston 103
Brennstoffe für chemische Operationen 93
Brennwerth 422
Brennzeug s. Destillirbl. 78
Brenzgallussäure s. Pyrogallussäure 293
Brenzliches Öl 321. 375
Brenzsäuren 276
Brenztraubensäure 283
Brenzweinsäure —
Brewsterit 216
Brod aus Baumrinde u. Holz 397. 430
Brom 143
Bromide 50
Bromüre —
Bronziren des Eisens 159
—— des Kupfers 158
Bronzit 217
Bruch 549
Bruchboden 546. 594
Brucit 171
Brücke der pneumatischen Wanne 84
Brückenauer Wasser 122
Brückenhölzer beim Kohlenmeiler 634
Bruniren des Eisens 158
—— des Kupfers —
Brunnengeist = Kohlensäure 122

Seite
Brunnenwasser 109 (2)
Bryum 348
Bucheckeröl 319. 676. 677. 678 (2)
Buchelöl = Bucheckeröl 676. 678 (2)
Buchenholz (Fagus sylv.), Aschenbestandtheile 385. 386
——, (Fagus sylv.), Bestandtheile, nähere 398
Buchenlaub, Aschenbestandtheile 387
Buchenrinde, Aschenbestandtheile 385. —
——, Bestandtheile, nähere 430
——, Gerbstoffgehalt 290
Buchweizen, Same, Aschenanalyse 388
Bülte 518
Bunter Sandstein 531
Burtscheider Wasser 131
Bustamit, Bestandtheile und Verwitterungsprodukte 515
Butterarten 318. 320
Butter, Cacao- —
Buttersaure Salze 363
Buttersäure 320. —
Buttersäureäther —
Buttersäuregährung 362
Butyrate 363
Butyricum acidum —
Butyrin 320
$\bar{B}z$ = Benzoësäure 288

C = Kohlenstoff 120
$\dot{C}$ = Kohlenoxyd 122
$\ddot{C}$ = Kohlensäure —
C̶ = 2 Atome Kohlenstoff
$\ddot{\bar{C}}$ = Oxalsäure 281
$\bar{C}$ = Citronensäure 284
Ca = Calcium 243
$\dot{C}a$ = Kalk od. Kalkerde —
$\ddot{C}a$ = Calciumhyperoxyd
$\acute{C}a$ = Schwefelcalcium 235
Cacaobutter 320
Cadmium 12. 13
Calciniren 88
Calcinirofen 665
Calcium 243
——, Chlor- 246
——, Chlor- gegen Holzfäulniß 608
——, Fluor- 143. 205
Calcium, oxysulphuret 236
——, Schwefel- = $\acute{C}a$ —
Calendula officinalis, Blüten, Bestandtheile, nähere 434
—— ——, Leuchten ders. s. Ringelblume 483
Calibrirte Cylinder 85
—— Glocken —
Calmus s. K.
Cambium 394
Cameralchemie, Literat. 3
Campher s. K.
Cämentiren 88
Cämentstahl 254
Candiszucker 315
Cannabis sativa, Aschenbestandtheile 389
Cantharidencampher 323
Cantharidin —
Caoutschuk s. Kautschuk
Capelle 72
Capnomor 378
Capucinerblume, Leuchten der 483
Capucinerkressenöl 324
Caput mortuum = Colcothar 128
Caramel 316
Carbonat 123. 208
——, Ammoniak- s. kohlensaures A. 240
——, Bittererde- s. kohlensaure B. 249
——, Eisenoxydul- s. kohlensaures E. 257
——, Kali- s. kohlensaures K. 223
——, Kalk- s. kohlensaurer K. 244
——, Magnesia- s. kohlensaure M. 249
——, Manganoxydul- s. kohlensaures M. 265
——, Natron- s. kohlensaures N. 235
——, Talkerde- s. kohlensaure T. 249
Carbonate 123. 208
Carboneum 120
Carbonicum acidum 123
Carburet 51
——, Eisen- —
——, Wasserstoff- 124 (2)
Carmin 341
——, blauer = indigblauschwefelsaures Kali, durch kohlens. Kali aus Indigtinctur gefällt
——, Indig- = blauer C.
Carmin, rother 341
—— stoff = Carmin —
Carpinus Betulus (Weißbuche), Aschenbestandtheile 386 (2)
Caseïn 351. 353
——, a —
——, b —
Castoröl = Ricinusöl 319
Catalyse, catalytisch s. K.
Catechu, Gerbstoffgehalt 290
Catechugerbsäure 294
Caustische Alkalien 177
—— alkalische Erden —
Cautschuk s. K.
Cd = Cadmium 33
C̶d = 2 Atome Cadmium
$\dot{C̶}d$ = Cadmiumsuboxyd
$\dot{C}d$ = Cadmiumoxyd
$\acute{C}d$ = Schwefelcadmium
$\bar{C}d$ = Codeïn (Alkaloid)
Ce = Cerium —
$\dddot{C̶}e$ = Ceriumoxyd
Cedriret 378
Cedrium = Theergalle 644
Cellulose 300
Cement s. Cä.
Centaurea Cyanus, Aschenbestandtheile 389
—— ——, Farbstoff, blauer 348
Centigramm 100
Cer = Cerium 12. 13
Cerain 320
Cerasin 314
Cerasus avium, Holz, Aschenanalyse 387
Ceratonia Siliqua 363
Cercis Siliquastrum, Holzaschenanalyse 386
Cerin 320
Cerit 217
Cerithenkalk 505
Cerium 12. 13.
Cetraria islandica 310. 334
Cetrarin —
Cfy = Ferrocyan = Eisencyanür nach Liebig
2 Cfy = Ferridcyan = Eisencyanid nach Liebig
Chabasit 217
Chabeaussière's Verkohlungsofen 653
Chamäleon, mineralisch. 267
Champagner aus Birkensaft, Literatur 8
Charaktere, chemische s. chem. Zeichen 33

Seite
Charaktere, mineralogisch-chemische s. Zeichen 35
Chelidonin 299
Chelidonium majus, Aschenbestandtheile 389
Chelidoxanthin 340
Chemie, Agricultur- 10
——, Agricultur-, Literat. 3
——, allgemeine 9. 10
——, analytische 9
——, analytische, Literatur 2
——, angewendete 9
——, anorganische 9. 101
——, antiphlogistische s. ant. System 103
——, Begriff 9. 10
——, besondere s. specielle Chemie 9. 101
——, Cameral-, Literat. 3
——, Definition 10
—— der Forstbenutzung 603
—— der Forsttechnologie —
——, Eintheilung 9
——, Experimental- —
——, Forst- 10. 381
——, forstlich technologische 603
——, organische 10. 268
——, Pflanzen- 10
——, phlogistische = phlog. System 103
——, Phyto- 10
——, praktische 9
——, reine 9. (2)
——, specielle 9. 101
——, synthetische 9
——, technische 603
——, theoretische 9
——, Zoo- 10
Chemische Analyse 53
—— Charaktere s. Zeich. 33
—— Constitution = chem. Zusammensetzung 11
—— Experimente s. chem. Versuche 14
—— Formeln 34
—— Eigenschaften 10. 14
—— Gesetze 19
—— Nomenclatur 12. 49
—— Operationen 53
—— —— auf nassem Wege 54. 61
—— —— auf trocknem Wege 54. 87
—— Prozesse 17. 18
—— ——, Beendigung der 93
—— ——, Einleitung der 61
—— ——, Heizung bei 64

Seite
Chemische Prozesse, Vorbereitung derselben 54
—— Symbole s. Zeichen 33
—— Untersuchung 11. 53
—— Verbindung 16. 17
—— ——, Erkennung derselben 17. 25
—— ——, Erklärung atomistische 16
—— ——, Erklärung, dynamische —
—— Verbindungen binäre 40
—— ——, Eintheilung derselben —
—— —— erster Ordn. —
—— —— dritter Ordnung 41
—— ——, Nomenclatur d. 49
—— ——, quaternäre 40
—— ——, ternäre —
—— —— zweiter Ordnung —
Chemisches Verhalten 14
Chemischer Versuch —
Chemische Verwandtschaft —
—— ——, Abänderung derselben 24
—— ——, Arten ders. 14
—— ——, Contakt- 15
—— ——, einfache 14
—— ——, einleitende 16
—— ——, Gesetze d. 19. 24
—— ——, inductive 16
—— ——, mischende 14
—— ——, prädispon. 15
—— ——, vorbereitende —
—— —— Wahl- —
—— —— Wahl- doppelte —
—— —— Wahl- einfache —
—— Zeichen 33
—— Zersetzung 17
—— Zerstörung —
Chiastolit 216
Chilisalpeter = salpetersaures Natron 237
Chinagerbsäure 294
Chinin 300
Chlor 139
—— als Bodenbestandtheil 540
Chlorammonium 241
Chlorat, Kali- = chlorsaures K. 232
Chloräther 125
Chlorbaryum 243
Chlorcalcium 246
Chlorcalciumbad 73
Chlorcalcium gegen Holzfäulniß 608

Seite
Chlorcalcium zur Entwässerung 77. 83. 369. 444
Chloreisen 260
Chlorelayl 125
Chlorete 139. 202
Chlorgas = Chlor 139
Chlorid, Eisen- 260
Chloride 50
——, Oxy- 52
Chlorige Säure 140
Chlorine = Chlor 139
Chlorit 217
Chlorkali = unterchlorigsaures Kali 232
Chlorkalium —
Chlorkalk = unterchlorigsaurer Kalk.
Chlormagnesium 249
—— gegen Holzfäulniß 608
Chlormangan 267
Chlormetalle = Chlorete 139. 202
Chlornatrium 238
——, als Bodenbestandtheil 539
—— gegen Holzfäulniß 608
Chloropal 217
Chlorophäit —
Chlorophyll 348
Chlorsalze = Chlorete 139. 202
Chlorsäure 140
Chlorsaures Kali 232
Chlorstickstoff 142
Chlortheorie 43
Chlorüre 50
Chlorür, Mangan- 267
Chlorwasser 139
Chlorwasserstoff 140
Chlorwasserstoffsäure —
Chlorwasserstoffsaure Salze = Chlorete 139. 202
Chlorzinkbad 73
Chrom 12. 13
Chromocker 172
Chrysen 378
Chrysoberyll 219
Chrysolith 217 (2)
C̄i = Citronensäure 284
Ci = Cinchonin (Alkaloid)
Cichorienstärkmehl 310
Cichorium intybus, Saulin des —
Cicutin 299
Cider = Apfelwein 676
Cideressig = Apfelessig —
Cinchotannicum acidum 294
Citrate 285
Citricum acidum 284

Seite

Citronenkerne, Aschenbestandtheile 388
Citronenkernöl 678
Citronenöl 322
Citronensäure 284
Citronensaure Salze 285
Cl = Chlor 139
$\bar{Cl}$ = 1 Doppelatom Chlor
$\dot{\bar{Cl}}$ = unterchlorige S. 140
$\dddot{\bar{Cl}}$ = chlorige Säure —
$\overset{.....}{\bar{Cl}}$ = Chlorsäure —
$\overset{.......}{\bar{Cl}}$ = überchlorsäure —
Clarificiren = Klären 98
$\bar{Cn}$ = Coniin 299
Co = Kobalt 33
$\dot{Co}$ = Kobaltoxyd
$\bar{Co}$ = 2 Atome Kobalt
$\dddot{\bar{Co}}$ = Kobaltsesquioxyd
$\acute{Co}$ = Einfachschwefelkobalt
$\overset{'''}{\bar{Co}}$ = Anderthalbschwefelkobalt.
Coaks 368
Coaguliren 63
Coagulum —
Coccotannicum acidum 294
Coccus Cacti 341
—— polonicus —
Coccusroth = Carmin —
Cochenille, Baum- —
——, deutsche —
—— roth —
——, Wurzel- —
Cohks = Coaks 368
Cohobation 82
Colatorium = Seihtuch 94
Colchicin 299
Colcothar 128
Colirbeutel 95
Coliren 94
Colirtuch —
Colophonium 328. 657
Colophonsäure 328
Columbium = Tantal 12. 13
Cölestin 210
Comarum palustre 344
Concentriren durch Abdampfen 75
—— durch Schwefelsäure 130
Condensation 22 (2)
Condensator 79
Coniin 299
Conium m., Aschenbestandtheile 389
Conservation des Holzes 604
Consistenz 58
Constituirende Theile = Bestandtheile 11
Constitution, chemische = chem. Zusammensetzung —
Contaktverwandtschaft 15
Cooks = Coaks 368
Copaivbalsamöl 322
Copal 328
Corpora halogenia 44
Corpora non agunt, nisi fluida 20
Corund 171. 250
Corydalin 299
Corylus Avellana, Blätter, Aschenbestandth. 386
Cotunnit 202
Coumarin 324
c Phosphorsäure 134
Cr = Chrom 33
$\dddot{Cr}$ = Chromsäure
$\bar{Cr}$ = 1 Doppelatom Chrom
$\dddot{\bar{Cr}}$ = Chromoxyd
Crenate 373
Crenicum acidum 372
Creosot 378. 379
Cronstedtit 217
Crystall rc. s. K.
Cu = Kupfer 33
Cubischer Salpeter = salpetersaures Natron 237
Cumarin 324
Curcuma 341
Curcumapapier —
Curcumatinctur —
Cy = Cyan 144
$\bar{Cy}$ = 1 Doppelatom Cyan
$\dot{Cy}$ = Cyansäure und Knallsäure —
$\overset{''}{\bar{Cy}}$ = Schwefelcyan
Cyan —
——eisen 260. 262
——eisenkalium, gelbes = Kaliumeisencyanür 261
——eisenkalium, gelbes als Reagens 207
——eisenkalium, rothes = Kaliumeisencyanid 262
——eisenkalium, rothes als Reagens 207
Cyanate 145. 206
Cyangas = Cyan 144
Cyanide 50. 145
Cyanid, Eisen- 260
Cyanit 216
Cyankalium 233
Cyanmetalle 145. 206
Cyanogen = Cyan 144
Cyansäure 144
Cyanürcyanid, Eisen- 262
Cyanüre 50. 145
Cyanür, Eisen- 260
Cyanwasserstoffsäure 144
Cyder = Apfelwein 676
Cyderessig = Apfelessig —
Cylinder, calibrirte 85
——, graduirte —
——, Reagir- 64
D = Didym 12
Dagget 379. 655
Dahlin = Inulin 310
Dammar 328
Dammerde 369
——, Aschenbestandth. 385
Dammerdebildung 365
Dampf 75
Dampfbad 73
Dämpfen des Holzes 606
Daphne Mezereum s. Seidelbast, 430
Datolith 48. 215
Datura Stramonium, Same, Aschenbestandth. 388
Daturin 299
Dauer des Holzes 408
Dauer des Holzes, Literat. 5
Davy's Glühlampe 151
—— Lampe 105. 124. —
—— Sicherheitslampe 105. 124
Decagramme 100
Decanthiren 94
Decigramme 100
Decimalgewicht —
Decke, bewegliche, beim Kohlenbrennen 625. 629
—— des Bodens 595
—— —— ——, Bestandtheile 387. 596
—— —— ——, Einfluß auf Holzertrag 603
—— —— ——, Erh. 602
—— —— ——, Zweck 595
—— des Meilers 129
Decoction 74
Decomponiren = zersetz. 17
Decrepitiren 63. 77. 88
Degenöl = Dagget 379. 655
Deggut = Dagget — —
Deliquesciren = zerfließ. 77
Demant = Diamant 120 (2)
Dephlogistisiren 103
Dephlogistisirte Luft = Sauerstoff 102
Dephlogistisirte Salzsäure = Chlor 139
Deplacirung 58

Seite

Desoxydation 88. 103. 107. 146
—— organischer Körper 337. 347. 362
Destillation 78
——, absteigende 82. 379
——, aufsteigende 78
—— bei Luftabschluß s. Trocknen 108
——, schräge 80
——, trockne 91. 375
—— —— des Holzes —
—— —— der Steinkohlen 379
Destillirapparat 78
Destillirblase —
Destillirhelm 79
Destillirkolben 78
Destillirofen —
Destillirtes Wasser 109
Detonation 18 u. f. Verpuffung 88
Deutosulphurete 182
Deutoxyd 50
Dextrin 311. 375. 379
Dextrinzucker = Krümelzucker 317
Diallag 217
Diamant 120 (2)
Diamantspath 250
Diaspor —
Diastase 354
Dichroit 217 (2)
Didym 12
Digeriren 73
Digerirflasche —
Digerirkolben —
Digestion —
Digestor, Papin's 74
Digestorium = Sandbad 72
Digitalin 299. 433
Digitalis purpurea,
—— ——, Aschenbestandtheile 389
nähere Bestandtheile 432
Dihydrit 213
Diluiren = Flüssigkeiten mit Wasser verdünnen.
Diluvium 521
Dimorphie 36
Dinte 296
Dioptas 217
Diorit 527
Dioritboden —
Dissolutio 62
Distelsamenöl 677
Dithionsäure 127
Doggert = Dagget 379. 655
Dolerit 529
Doleritboden —
Dolomit 249. 522. 530

Seite

Dolomitboden 530
Donner 492
Dom, Ofen- 65
Doppelatome 29
Doppeltborax s. Natron 237
Doppelchloride 52
Doppelcyanide rc. —
Doppeltkohlensaure Bittererde 249
Doppeltkohlensaures Eisenoxydul 257
Doppeltkohlensaurer Kalk 244
Doppeltkohlens. Magnesia 249
Doppeltkohlens. Talkerde —
Doppeltphosphors. Kalk 246
Doppelsalze 48
——, doppelte —
Doppeltschwefeleisen 263
Doppeltschwefels. Kali 224
Doppeltschwefels. Kalk 244
Doppeltweinsaures Kali 283
Doppelzügige Weingeistlampe 70
Dostenöl 323
Dostenroth 344
Drachme 100
Dreibasige Säure 45
Dreifachbasische Salze 48
Dreifache Salze —
Dreisäurige Basen 45
Drummond's Licht 105
Duckstein 530
Ducksteinboden —
Duft 105. 488
Dünger 595
Düngerlehre, forstliche 594
Dünen 521
Dunst 75
Dunstschwaden feuriger = Sumpfgas 122
Durchseihen 94
Durchseihtuch —
Dynamische Ansicht über d. chem. Verbindung 16
—— Theorie —

E = Erbium 680
Eckerdoppen 291
Edle Metalle 155
Edukt 18
Edulcoriren = aussüßen 97
Effervesciren = aufbrausen 19. 63
Effloresciren 77
Ehlit 213
Eicheln, Aschenbestandth. 389
——, Bestandtheile, nähere 439
Eichenäste, Aschenbestandtheile 385

Seite

Eichenbast, Aschenbestandtheile 385
Eichenblätter, Aschenbestandtheile —
Eichengerbsäure 291
Eichengerbsaure Salze 294
Eichenholz, Aschenbestandtheile 386. 387
Eichenholzextrakt, Aschenbestandtheile 385
Eichenrinde, Aschenbestandtheile 385. 386. 387
——, Gerbstoffgehalt 290 (3), 291 (2)
Einäschern 88
Einbasige Säuren 44
Einfachbasische Salze 48
Einfache Körper 12
—— Salze 48
Einfachschwefeleisen 262
Eigenschaften, chemische der Körper 10. 14
Eigenschaften, physikalische der Körper 10
Eindicken 75
Einkochen —
Einleiten der chem. Prozesse 61
Einleitende Verwandtschaft 16
Einsäurige Basen 45
Einschlagen des Blitzes 493
Einweichen 58
Eisäpfel 440
Eisen 253. 523
——, actives 161
—— blau 213
—— bläuender Gerbstoff 291
——boden 541. 564. 565
——boden, kalkiger 566
——boden, lehmiger —
——boden, mergeliger —
——boden, sandiger —
——boden, thoniger —
——, Bronziren des 159
——, Bruniren —— 158
——chlorid 260
——cyanid 262
——cyankalium, gelbes 261
——cyankalium, rothes 262
——cyanür 260
——cyanürcyanid 262
——, Cyanverbindungen 260
——erde, blaue = Eisenblau 213
——erde, grüne = Grünerde 217
——erze s. Oxyde 253
——firniß 328
——, gediegenes 253

Seite
Eisenglanz 253
—— grünende Gerbsäure 294
——, Guß- 254
—— haltiger Boden 539. 541
—— hammerschlag 255. 260
——, holzessigsaures, gegen Holzfäulniß 611
—— kali, blausaures, gelbes 261
—— kali, blausaures, rothes 262
—— kaliumcyanid —
—— kaliumcyanür 261
—— kies 263
—— kiesel 217
—— kitt, feuerfester s. Beschläge für Retorten u. s. w. 92
—— kitt, wasserdichter —
—— ocker 258. 259
Eisenoxyd 258
——, blausaures = Eisencyanid 262
——, gallussaures 294. 297
——, gerbsaures 294
——, humussaures 372
—— hydrat 258
——, kieselsaures 259
——, kleesaures —
——, oxalsaures —
—— oxydul 260
—— phosphat 259
——, phosphorsaures —
—— salze —
——, salzsaures = Eisenchlorid —
——, sauerkleesaures 259
——, schwefelsaures 210
—— silicat = kieselsaures E. 259
—— sulphat = schwefelsaures E. 210. 257
Eisenoxydul 256
—— bicarbonat = doppeltkohlensaures E. 257
——, blausaures 261
——, carbonat = kohlensaures E. 257
——, gallussaures 256
——, gerbsaures 294
——, humussaures 371
—— hydrat 256
——, kieselsaures 258
——, kleesaures 256
——, kohlensaures 257
——, oxalsaures 256
—— oxyd 260
—— phosphat = phosphorsaures E. 258
——, phosphorsaures —
—— salze 256

Seite
Eisenoxydul, sauerkleesaures 256
——, schwefelsaures 257
—— silicat 258
—— sulphat = schwefelsaures E. 257
Eisen, passives 161
—— peroxyd 258
—— präparate = Eisenverbindungen 256
—— protoxyd —
——, reines 255
——, Roh-, graues 253
——, Roh-, weißes —
—— rost 259
——, Rosten dess. 158. 255
—— salze 256. 259
—— salze als Bodenbestandtheile 539
——, Schmiede- 254
——, schwefel-, Anderthalb- 263
——, schwefel-, Doppelt- —
——, schwefel-, Einfach- 262
—— schüssiger Boden 566
——, Schutz gegen Rost 166. 255. 328
—— sinter 260
——, Stab- 254
—— sulphid 263
—— sulphür 262
—— tritoxyd 258
Eisenverbindungen 256
—— vitriol, grüner 257
—— vitriol, rother 210
Eiserne Mörser 54
—— Retorten 81. 91. 376
—— Schmelztiegel 90
—— Spatel 56
—— Tiegel 90
Eisessig 278
Eisklüfte 428
Eiweißartige Stoffe 351
Eiweißstoff 352
Elain 319
Elainsäure —
Eläopten 321
Eläolith 217
Elasticität des Holzes 407
Elastisches Gummi 328
—— Harz = el. Gummi —
Elektricität 14
——, Einfluß auf Keimung 484
——, Einfluß auf Vegetation 483
—— leitung der Metalle 148
—— leitung der Metalloxyde 176
——, Luft-, Erforschung 492
—— der Wolken —

Seite
Elektrisches Verhalten des Holzes 399
Elektrochemische Reihe der Elemente 13
—— Theorie 14
Elektrolyt 16
Elektromotor —
Elektronegative Elemente 13
Elektropositive Elemente —
Elementaranalyse, organische 271
—— ——, Literatur 2
Elementare Bestandtheile 12
Elemente (chemische) —
—— der Alten —
—— des Aristoteles —
——, elektronegative 13
——, elektropositive
Elementenmeßkunst 27
Elemente, Romenclatur 33
——, Zersetzbarkeit 17. 154. 238
Ellagsäure 293
Eller s. Erle
Elsasser Terpentin 327
Email 193
Empyreumatisches Öl 375
Emulsin 355
Emulsion 318. 332
Enallochrom = Polychrom 333
Endosmose 458
Englische Schwefelsäure 130
Englischroth = Colcothar 128
Entbindung der Gase s. Gasbereitung 82
Entfärbung durch Chlor 140
—— durch Kohle 121
—— durch schweflige Säure 128
Entfuseln 121
Entglasen 39
Entmischung = Zersetzung
Entwässerung des Weingeistes 369
—— durch Chlorcalcium 77. 247. 369. 444
—— durch Schwefelsäure 77. 130. —
Entzündliches Gas = Wasserstoff 106
Entzündung, freiwillige —
——, Selbst- —
Enzian 333
Epidot 216
Epigenese 448
Epigenesie —
Epsomer Salz = Bittersalz 248
—— Wasser —

Seite
Equisetsäure 285
Erbium 12
Erblinden des Glases 514
Erbsen, Aschenbestandthl. 389
Erbsenstroh, Aschenbestandtheile 385
Erdanalyse s. Boden 576. 578
Erdanalysen, Tabelle von 590
Erdäpfel s. Kartoffel
Erdbildung, dritte Periode 508
——, erste Periode 507
——, fünfte Periode 510
——, sechste Periode 511
——, zweite Periode 507
Erdbach d. Meilers 630 (2)
Erde 12. 50. u. s. Erdkörper 500 und Boden 499—603
——, Alaun- 250
——, Baryt- 242
——, Bildung ders. 505
——, Bitter- 247
——, Gay- 224
——, Hasel- 530
——, Kalk- 243
——, Kiesel- 137
——, Knochen- 246
——, Mergel- 534
Erden 50
——, alkalische —
Erden, Anwendung 181
——, eigentliche 50
——, Grundlagen der s. Metalle d. Erden 155
——, Metalle der —
——, Radikale der —
Erde, Schwer- = Baryterde 242
——, specif. Gewicht 500
——, Staub- 547
——, Strontian- 243
——, Talk- 247
——, Temperatur der 501
——, Thon- 250
Erdeichelöl 678
Erdfeuchter Boden 549
Erdkörper, specif. Gewicht 500
Erdkobalt 171
Erdkrume = Bodenkrume 499
——, Entstehung 514
Erdmergel 534
Erdmetalle 155
——, alkalische —
Erdnußöl 319
Erdoberfläche, Unebenheit 500

Erdrinde, feste 502
Erdsalpeter = salpetersaurer Kalk 224
Erdsalze 46. 47
Erhitzen bei Luftabschluß 108
—— der Körper 87
——, stärkstes 108
—— —— durch Ofenfeuer 69
Erica herbacea, Aschenbestandtheile 380
Erkennungsanalyse = qualitative Analyse 443
Erlenholz, Aschenbestandtheile 386
Ernährung d. Pflanzen 453
—— —— —— Literatur 4
Ersatzmenge 26
Erscheinungen, chemische 18
Erythrin 342 (2)
Erythrinbitter 342
Erythroleïn —
Erythrolitmin —
Erythrophyll 344
Erze 146
Erzeugung d. Pflanzen 447
——, bedingte 448
——, mutterlose 447
——, Samen- 448
——, spontane 447
——, unbedingte 448
——, Ur- —
Eschenrindenbitter = Fraxinin 333
Esdragonöl 323
Esparsette, Aschenbestandtheile 389
Espenrinde, Gerbstoffgehalt 290
Essig 364
——bilder = Schnellessigfaß 365
—— bereitung, ältere 364
——bildung —
——, Branntwein- 364 (2)
——, Eis- 278
——fabrikation, ältere 364
——fabrikation, Schnell- 365
——ferment 364
——, Frucht- 365
——geist 278
——gut 365
——, Holz- 376. 649
——mutter 364
——, Obst- 365
——pilz 364
——, Radical- 278
Essigsäure —
Essigsäurebildung 283. 285. 364

Essigsäuregewinnung beim Theerschwelen 650
Essigsäurehydrat 278
Essigsaure Salze —
Et, Bedeutung als Endsylbe 181
Eudialyt 217
Eudiometer 86. 114. 115
Eudiometrie 114. —
Euklas 217 (2)
Euphorbiengelb 341
Euphorbium 332
Eupion 378
——, Literatur 8
Evaporiren 75
Evonymus europaeus, Öl 677
Excremente der Pflanzen 457. 462
—— der Wurzel 457
Exhalation der Blätter s. Ausdünstung 462
Exosmose 450
Experimentalchemie 9
Explosion 19
Explosive Baumwolle
Exsiccator 444
Extrakt 58
Extraktabsatz 333
Extrakte —
Extrakt, Humus- 545
Extraktion 58
Extraktionsapparat, Anthou's 59
——, Mohr's 60
Extraktivstoffe 332. 456
——, bittere 333
——, gefärbte 333. 337
——, kratzende 336
——, süße 333. —
——, ungefärbte 333

F = Fluor 143
F̈ = Formylsäure 279
F̈ = Ameisensäure —
Fahlerz 182
Fahlunit 216
Fällung 62
Farbstoffe 333. 337
——, anorganische sind meist Oxyde u. Schwefelverbindungen der Schwermetalle. 345
——, blaue 338
——, Bleichen der
——, durch schweflige Säure zerstörbare 338
——, gelbe 339
——, grüne 348
——, organische 337

Seite

Farbstoffe, rothe 341
Farinzucker = letzter Anschuß des Zuckersyrups
Faser, Holz- 300
——, Pflanzen- —
——, Schieß- 301
——stoff 300
——stoff, explosiver 301
——, vegetabilische 300
Fatisciren = Verwittern 77
Faulbaumkohle 225
Faules Holz, leuchtendes 419
Fäule, nasse des Holzes 604
——, trockne des Holzes —
—— —— —— ——, Literatur 7
Fäulniß 357
—— des Holzes
—— des Holzes, nasse 604
—— —— ——, trockene —
—— des Holzes, trockene Literatur 7
—— —— ——, Mittel gegen 607
Fäulnißwidrige Mittel 357
—— —— für Holz 607
Fe = Eisen 253
$\dot{Fe}$ = Eisenoxydul 256
$\dddot{Fe}$ = Eisensäure
$\bar{Fe}$ = 2 Atome Eisen
$\dddot{\bar{Fe}}$ = Eisenoxyd 258
$\bar{Fe}_2$ O = Eisensuboxyd
Fe' = Einfachschwefeleisen 262
Fe'' = Doppeltschwefeleisen 263
$\bar{Fe}'''$ = Anderthalbschwefeleisen —
Federharz 328
Feilen 55
Feldspath 252
Fenn 517. 520
Ferment 360
——, Essig- 364
Ferridcyan = Eisencyanid nach Liebig 260
Ferridcyankalium = Kaliumeisencyanid 262
Ferrocyan = Eisencyanür nach Liebig 260
Ferrocyanid = Eisencyanürcyanid 262
Ferrocyankalium = Kaliumeisencyanür 261
Festigkeit des Holzes 403
—— —— ——, Literatur 5
Fettarten 318
Fette —

Seite

Fette Öle 318 (2)
Fetter Kitt 92
Fette, Verhalten zu Metallen 164
Fettsäuren 319
Feuer 12. 104
—— brücke des Flammofens 666
—— düngung 540. vgl. auch Glühen d. Thons 536
—— erscheinung beim chemischen Prozesse 18
——, färbige 105
Feuerfester Kitt 92
——, Flamm- 93
Feuerflamme s. Flamme
——, Gebläse- —
—— gefährlichkeit heißer Asche 664
—— geist 103
—— haus liegender Werke 636
——, Kohlen- 93
—— luft = Sauerstoff 102
—— materialien für chem. Operationen 93
—— raum des Ofens 64
——, Theorie 104
Feuerung bei chemischen Operationen 93
Feuerzange 91
Feuerzeug, Platin- 108
Feurige Schwaden 124
Fibrin 354
Fichtenharz 327
Fichtenharz, gelbes 656
——, weißes —
Fichtenrinde, Gerbstoffgehalt 290. 291
Fichtensamenöl 677. 679
Filter 95. 96. 97
Filtrirbret 95
Filtriren —
Filtrirgestell —
Filtrirpapier —
Filtrirringe 99
Filtrum 95. 96. 97
Firnisse 328
Firniß, Eisen- —
——, Kautschuk- 329
——, Lack- 328
——, Metall- —
Fix oder feuerbeständig = in der Hitze nicht flüchtig
Fl = Fluor 143
Flamme 104. 105
——, blaue —
——, Erklärung 104
——, Farbe 105
——, gelbe —

Seite

Flamme, grüne 105
——, Kerzen- 104
——, Oxydations- 71
——, Reductions- —
——, rothe 105
——, Theorie der 104
——, violette 105
——, Wasserstoff- 104. 108
——, Weingeist- 104. 369
——, weiße 105
Flammfeuer 93
Flammofen 67. 93. 665
Flasche, Digerir- 73
——, Koch = Kolben und Phyolen —
Flaschenapparat, Woolf's 81
Flasche, Spritz- 97
——, Wasch- —
——, Woolf's 81
Flechtenroth 342
Flechtenstärkmehl 310
Fliederbeerenbranntwein s. Hollunderbranntwein 674
Fliederbeerenessig 676
Fliederbeeren, Farbstoff s. Hollunderb. 345
Flötzgebirge 505
Flötzgrünstein 529
Flötzkalk 505
Fluate s. Fluormetalle 143. 205
Flüchtige Luft = Ammoniakgas 238
Flugsand 557
Fluor 143
Fluorcalcium 143. 205
Fluorete s. Fluormetalle 143. —
Fluoride 50. 143
Fluorine = Fluor —
Fluorkiesel 144
Fluormetalle 143. 205
Fluorsilicium = Fluorkiesel 144
Fluorüre 50. 143
Fluorwasserstoff —
Fluorwasserstoffsäure —
——, Verhalten zu Met. 163
Fluß 146. 193. 234
Flußboden 516. 517
Flußcerit 205
Flüsse 146. 193. 234
Fluß, feuriger 193
Flußharz 658
Flüssigkeiten, Klären von 98
——, Stoßen ders. beim Kochen 72. 99
Flußmittel 146. 193. 234
Flußniederungsboden 517
Flußsäure 143

Seite

Flußsaure Salze = Fluormetalle 143. 205
Flußsäure, Verhalten zu Metallen 163
Fluß, schwarzer 223
Flußspath 143. 205
Flußwasser 109
Fluß, wässeriger 193
——, weißer 223
Flußytterocerit 205
Formeln, chemische 34
——, mineralogisch-chemische 35
Formiate 208
Formicum acidum 279
Formylsäure —
Forstbenutzung 603
——, Literatur 5
Forstchemie 10. 381
——, Literatur 3
Forstliteratur 1
Forstphysik, Literatur 5
Forsttechnologie 603
——, Literatur 5
Franzensbader Wasser 122
Französisches Gewicht 100
Frauenglas 245
Frischen des Eisens 254
Frost, Einfluß auf Bodenbildung 516
——, Einfluß auf die Pflanzen 480
Fruchtbranntwein
Früchte, Bestandtheile 437. 442
Fruchtessig 676
Fruchtweine 674
Fruchtzucker 316. 317
Fuchs der Öfen 67. 666
Fuchssand 541
Füllen des Meilers 632
Füllloch des Meilers 631
Fulmin 301
Fumarsäure 286
Function der Blätter 462
—— der Wurzel 458
Fuseliger Branntwein, Reinigung 121
Fuselöl 361
Fußräume des Meilers 632

G = Glycium oder Beryllium 12. 13
Ǥ = 2 Atome Glycium oder Beryllium
$\dddot{G}$ = Glycin- oder Beryllerde
$\bar{G}$ = Gallussäure 296
Gadolinit 217 (2)
Gahnit 219

Seite

Gahre des Meilers 633
Gährung 359
——, Buttersäure- 362
——, Essig- 359. 364
——, faulige = Fäulniß 357
—— Milchsäure- s. Schleimgährung 362
——, saure s. Buttersäuregährung und Essigbildung 362. 364
——, Schleim- 362
Gährungserreger 360
Gährungsluft = Kohlensäure 122
Gährung, Wein- 359
Galipot 326. 656
Galium boreale 343
—— **mollugo** —
Galiumroth s. Labkrautroth —
Galium sylvaticum —
Galläpfel, Bestandtheile, nähere 431
——, Gerbstoffgehalt
Galläpfelsäure 290
Gallate 297
Galle, Theer 644
Gallicum acidum 296
Gallipot s. Galipot 326. 656
Gallussäure 296
Gallussaure Salze 297
Gallitannicum acidum 292
Gallotannicum acidum —
Galmei, edler 208
——, Kiesel- 217 (2)
Galvanismus, Einfluß auf Vegetation 483
Gammaharz 326
Gasabsorption durch Kohle 121. 550
Gas, Azot- 110
—— behälter 85
—— Blaustoff- = Cyan 144
——, brennbares = Wasserstoff 106
——, Chlor- 139
——, Chlorwasserstoff- 140
——, Cyan- 144
——, Cyanogen- = Cyan —
——, dephlogistisirt-salzsaures = Chlor 139
Gase, Absorbirbarkeit 57
——, Auffangen 83
——, Auflöslichkeit 57
——, Austrocknen 83
Gasentbindung s. Gasbereitung 82
Gasentbindungsröhre 83

Seite

Gasentwicklung s. Gasbereitung 82
——, Kitt zur 92
Gasentwicklungsröhre 83
Gas, entzündliches = Wasserstoff 106
Gase, Trocknen der 83
——, Verdrängung aus Flüssigkeiten —
Gas, Halogen- = Chlor 139
——, hepatisches 130
——, Hydrogen- 106
——, Hydrothion- 130
——, inflammables = Wasserstoff 106
——, Kohlenoxyd- 122
——, Kohlensäure- —
——, Lach- 116
——, Lebens- = Sauerstoff 102
——, Leber- = Schwefelwasserstoff 130
——, Leucht- 124
——, Luft- 116
——, ölbildendes 124
Gasometer 85
Gas, oxydirtsalzsaures = Chlor 139
——, Oxygen- = Sauerstoff 102
——, Phosphor- = Phosphorwasserstoff 134
——, Phosphorwasserstoff- —
Gas, Salpeter- 116
——, salpetrigsaures = salpetrige Säure —
——, salzsaures 140
——, Sauerstoff- 102
——, Schwefelleber- = Schwefelwasserstoff 130
——, Schwefelwasserstoff- —
——, schwefligsaures 127
——, Stick- = Stickstoff 110
——, Stickstoff- —
——, Stickstoffoxyd- 116
——, Stickstoffoxydul- —
——, tödtliches = Stickstoff 110
——, wassererzeugendes = Wasserstoff 106
——, Wasserstoff- —
——, ——, geschwefeltes = Schwefelwasserstoff 130
——, ——, phosphorhaltiges = Phosphorwasserstoff 134
——, Wonne- 116

Seite
Gayerde 224
Gebirge, aufgeschwemmtes s. Alluvium und Diluvium 510. 521
——, Einfluß auf Luftfeuchtigkeit 489
——, Einfluß auf Luftwärme 490
——, Einfluß auf Witterung 489
——, Flötz- 505
——, Kohlen- 503
——, Kreide- 504
——, secundäres 505
——, Steinkohlen- 503
——, tertiäres 505
——, Übergangs- 503
——, Ur- 502
Gebirgsboden 516. 517
Gebirgsklima 498
Gebläsefeuer 93
Gebläse, Knallgas- 108
Gebläseofen 65. 68
Gebrück des Theerofens 644
Gediegene Metalle 145
Gefäße, Reinigung der 99
——, Stoßen ders. beim Kochen 72. 99.
Geigenharz 328. 657
Gelb, Acacienblüten- 340
——, Birkenblätter- —
——, Blatt- —
——, Chelidonium- —
Gelbe Farbstoffe 339
Gelbeisenstein 253
Gelbe Pigmente s. g. Farbstoffe 339
Gelbes Fichtenharz 656
—— Pech 657
Gelb, Euphorbien- 341
——, Färbginster- 340
——, Ginster- —
——, Kartoffelblüten- —
——, Kreutzbeeren- 339
——, Lichen parietinus- —
——, Rhamnus- —
—— Scharten- 340
——, Spiräa- 339
——, Wandflechten- s. Lichen pariet. —
Gemenge 17
Gemisch —
Generatio aequivoca 447
—— determinata 448
—— indeterminata —
—— originaria 447
—— primitiva —
—— secundaria 448
—— seminalis —
—— spontanea 447
Geognosie 500 (2)

Seite
Geologie 500. 505
Georgine 310
Gerben des Leders 296
Gerbsäure 289
——, Bestimmung, quant. 295
——, Catechu- 294
——, China- —
——, Eichen- 291. 292
——, eisenbläuende 291
——, eisengrünende 294
——, Gallus- 292
——, Kino- 294
——, künstliche 325. 374
Gerbsaure Salze 294
Gerbstoff 289
——, eisenbläuender s. e. Gerbsäure 291
——, eisengrünender s. e. Gerbsäure 294
—— gegen Holzfäulniß 609
Gerbstoffgehalt verschiedener Vegetabilien 290
——, künstlicher 325. 374
Gerinnsel 63
Gerinnung —
Gerölle 557
Gerstenzucker 315
Gerüche, Vertreibung 100. 121
Geschiebe 557
Gesetze, chemische 19
Gestehen 63
Gesteinfeuchter Boden 549
Gestelle s. Stative 98
Gettenia 331
Gewicht, Apotheker- 100
——, Decimal- —
—— bei chem. Operationen —
——, französ. —
——, Grammen- —
——, Medicin- —
Gewitter 492
Gibbsit 171. 250
Gießbuckel 91
Gifte, Wirkung auf Pflanzen 459
Ginstergelb 340
Glanz, Antimon- 182
Glanzarsenikkies 169
——, Blei- 182
Glanze 181
Glanz, Eisen- 258
——, Kobalt- 182
Glanzkobalt —
——, Kupfer- —
——, Mangan- 267
——, Metall- 147
——, Molybdän- 182
——, Silberkupfer- —

Seite
Glanzkobalt, Wismuth- 182
Glas 37. 237
——, Abstehen des, s. Erblinden 514
Glasbereitung 82. 125
——, Entglasen des 39
——, Erblinden des 514
Gläser, Reinigung der 99
Glas, Frauen- 245
Glascylinder, calibrirte 85
——, graduirte —
Glasglocken, calibrirte —
——, graduirte —
Glaskitt 92
Glaskolben 73
Glaskopf, rother 258
Glasmacherseife = Manganhyperoxyd 267
Glasretorten 80
Glasstäbe 56
Glastrichter 96
Glas, Wasser- 233
Glaubersalz 236
Gleichartige Theile der Körper 11
Gliadin = Pflanzenleim 354
Glimmer, einaxiger 522
Glimmerschiefer 526
Glimmerschieferboden —
Glimmer, zweiaxiger 522
Glocken, calibrirte 85
Glühen 87
Glühhitze, Grade der —
——, stärkste 108
Glühlampe, Davy's 151
Glühspan 260
Gluten 353
Glycerin 318
Glycium = Beryllium 12. 13
Glycyrrhizin 336
Gneis 525
Gneisboden —
Gold 12. 13
Grade der Glühhitze 87
Graduirte Glascylinder 85
—— Glasglocken —
Gramm 100
Grammengewicht —
Gran —
Granat 216. 218
Grand 557
Granit 523
Granitboden 524
Granit, Verwitterung 516
Granuliren 55
Graphit 120
Graphittiegel 89
Graubraunsteinerz 267
Graueisenkies 182
Graumanganerz 267

Seite

Graustein 529
Grausteinboden —
Grauwacke 526
Grauwackeboden —
Grauwackengruppe 503
——, Bildung der 508
Grauwackenschiefer 526
Greenockit 182
Grobkalk 505
Großalmeroder Tiegel 89
Grubengas 124
Grubenverkohlung 655
Grundfeuchter Boden 549
Grundlagen s. Radicale
Grundnasser Boden —
Grundstoffe 12. 13
——, metallische = Metalle 13. 145
——, nicht metallische 13. 101
Grün, Blasen- 350
Grüne Farbstoffe 348
Grüneisenerde 217
Grüneisenstein 213
Grüne Pigmente 348
Grünerde 217
Grüner Thee, Gerbstoffgehalt 290
Grün, Holz- 350
——, Kreuzbeeren- —
——, Rhamnus- —
——, Saft- 300
Grünstein 527
Grünsteinboden —
Grus 557
Gummäte = Gummiarten 311
Gummäte = Verbindungen des Gummi mit Basen.
Gummi —
——, Amylon- = Stärkegummi 311. 375. 379
——, arabisches 314
——, Blei- 219
——, elastisches 328
——gutt 332
——harze —
——, Kirsch- 314
——, Mimosen- —
——resinen 332
——, Senegal- 314
Gummispeck 329
——, Stärkmehl- 311. 375. 379
Gußeisen 254
——, Unterschied von Schmiedeeisen 255
Gußeiserne Schmelztiegel 90
Gutta Percha 331

Seite

Gutta Taban 331
Gyps 245. 522. 531
——boden 531. 538. 564. 594
——, Einwirkung auf Vegetation 131. 466. 478
Gypskitt 92
——, Thon- 531
——, Thon- als Bodenbestandtheil —
——, Verhalten zur Elektricität 554

H = Wasserstoff 106
H = 1 Doppelatom Wasserstoff —
Ḣ = Wasser
Ḧ = Wasserstoffhyperoxyd
H́ = Schwefelwasserstoff 130
H̄ = Humussäure 370
H̄ = Seelenwasserstoff
H̄ = Tellurwasserstoff
Haarkies 182
Hafersamen, Aschenbestandtheile 388
Hagel 488. 495
Haideboden 548
Hainbuchenboden 556
Hainen 540
Halbbasische Salze 48
Halbmetalle 151. 155
Halhydrate 45
Halogengas = Chlor 130
Halogenia corpora 44
Haloide 44. 138
Haloidsalze 46. —
——, basische 48
——, saure 47
Hammer 54
Hammerschlag 260
Hanf, Aschenbestandtheile 389
Hanföl 319. 678 (2)
Hanfsamen, Aschenbestandtheile 389
——, nähere Bestandtheile 439
Harte Körper, Zerkleinerung 54. 89
Härten des Stahls 254
Hartes Wasser 109
Hartriegelkernöl 677
Harz, Burgunder- = B. Pech 657
——, Feder- 328

Seite

Harz, Fichten- 656
——, Fluß- 658
——, Geigen- 328. 657
——, gelbes 657 (2)
Harzgewinnung 656
——, Literatur 8
Harze, Gummi- 332
Harz, kautschukähnliches s. Gutta Percha 331
——kitt 92
——, Pick- 658
——, schwarzes 656
—— - und Pechsiederei —
——, weißes —
Haselerde 530
Haselnußöl 319. 677 (2) 678 (2)
Haube des Meilers 627
Haufen, Feuerhaus der 636
——, Kopf der —
——, Segel der —
——, Verkohlung in 635
Hausmannit 171
Heber 94
Hectogramme 100
Heidelbeeren, Aschenbestandtheile 386
——branntwein 674 (2)
——essig 676
——, Farbstoff 345
Heizmaterial, Wasserstoff als 108
Heizung bei chem. Operationen 64. 93
—— mit Wasserstoffgas 108
Hektogramm 100
Hellmachen der Flüssigkeiten 98
—— des Glases 99
Helm, Destillir- 78. 79
—— tubulirter 78
Hepar sulphuris 130
Hepatisches Gas —
Hepatische Luft —
—— Wässer 131
Hessische Tiegel 89
Heterogene Theile = ungleichartige Theile 11
Heteromorphie 35
Hg = Quecksilber 34
Hg = 2 Atome Quecksilber.
Ḣg = Quecksilberoxyd.
Ḣg = Quecksilberoxydul.
H́g = Doppeltschwefelquecksilber.
H́ = Einfachschwefelquecksilber.
Hirschhornsalz = mit

Seite

Brandöl verunreinigtes kohlensaures Ammoniak
Hitze, größte 108
——, ——, Ofen- (Sefström's Ofen) 68
Hollunderbeerenbranntwein 674
Hollunderbeerenessig 676
Hollunderbeeren, Farbstoff der 345
Hollunderholz, Aschenbestandtheile 386
Holzameise 280
Holz, anbrüchiges 429
——, Anschwellen in Wasser 410
—— asche, Bestandtheile 385—387. 390
——, Auskochen des 606
——, Austrocknen 410. 605
—— ——, Literatur 7
——, Ausziehen der lösl. Bestdthle des 606
——, Ausziehen der löslichen Bestandtheile durch fließendes Wasser —
——, Ausziehen der löslichen Bestandthle durch kochendes Wasser —
——, Bestandtheile, nähere 387. 442
——, Brennbarkeit 420
——, Brennkraft —
——, Brennkraft, Bestimmung 422. 424. 428
——, Brennwerth 420
——, Brennwerth, Literat. 5
——, chemische Eigenschaften 415
—— conservation 604
—— conservation, Literatur 7
——, Dämpfen des 606
——, Dauer 408
——, Dauer, Literatur 5
——, Dichtigkeit 403
——, Eigenschaften, chemische 415
——, Eigenschaften, physikalische 399. 413
——, Eisklüfte des 428
——, Elasticität 407
—— essig 376. 649
—— essig, Gewinn. aus Braunkohlen, Sumpferde rc. 650
Holzessig, Gewinn. aus Meilern 629
——, Reinigung 650
Holz, Farbe 399
—— faser 300
——, faules, leuchtendes 419

Seite

Holzfäule, nasse 604
—— fäule, trockne —
—— fäule, Literatur 7
—— fäulniß, Mittel gegen 603. 608
—— fäulniß, Theorie 366. 417
——, Fehler des 428
——, Festigkeit 406
——, Form zum Verkohlen 624
——, Gewicht, specif. 399. 423
—— Gewicht, specif., Literatur 5
——, Härte 403
——, Heizkraft 420
—— Heizkraft, Bestimmung 422. 424. 428
—— humus 418
——, hygroskop. Feuchtigkeit 410. 412
——, Kernschäle des 429
—— kitt 93
——, Kernklüfte des 428
——, leuchtendes 419
——, maseriges 429
——, metallisirtes 613
——, physikal. Eigenschaften 399. 413
——, Quellen im Wasser 410
——, Reißen des 410. 412. 605
——, Saftgehalt 395
—— säure = Holzessig 376. 649
—— säurebereitung, Ausbeute bei 648
—— schwamm 604
—— schwamm, Literatur 7
—— schwamm, Mittel gegen 618
——, Schwere 399. 423
——, Schwere, Literatur 5
——, Schwinden 410
——, Schwinden, Literatur 5
——, Spaltigkeit 408
——, specif. Gewicht 399. 423
—— spec. Gewicht, Literat. 5
——, Splint, doppelter des 429
——, Stärke und Festigkeit 406
—— —— —— ——, Literatur 5
——, Stärkmehlgehalt 308
——, Tragkraft 406. 407
——, Tränken mit fäulnißwidrigen Stoffen 607
——, Trockenfäule des 604

Seite

Holz, Trockenfäule des, Literatur 7
——, Trocknen 410. 605
—— ——, Literatur 7
——, Überzüge gegen Fäulniß 607
——, Verhalten, chemisches 415
—— —— zur Elektricität 399
Holzverkohlung in Cylindern 651
—— in gemauerten Öfen 643
—— —— Haufen 635
—— —— Meilern 625
—— —— Öfen 642
—— —— Öfen mit Luftzutritt 652
—— italienische
——, Literatur 6. 7
——, Zweck 622
Holzverwesung 415
———, Theorie 417
Holz, Wasseranziehung 410
——, Wassergehalt 395
Holzwerthberechnung nach Brennkraft 427
Holz, Widerstand gegen Torsion 405
——, Zähigkeit 407
Homogene Körper = gleichartige Körper 11
Honigliefernde Blüten 436
Honigthau 462
Hornblende 522
Hornerz, Blei- 202
——, Quecksilber- —
——, Silber- —
Humate 371
Humicum acidum 370
Humoser Boden 565 (2)
Humus 369. 542
Humus, Acker- 418
——, adstringirender 548
—— als Bodenbestandtheil 542
—— armer Boden 565
—— arten 546
——, auflöslicher —
——, basischer 547
——, Bestimmung, quantitat. 577. 583
Humusbildung 366. 416. 542
——, Beförderung 598
Humusboden 566
——, kalkiger —
——, lehmiger —
——, mergeliger —
——, sandiger —

Seite

Humusboden, thoniger 566
Humusextrakt 545
Humusfeuchter Boden 549
Humusgehalt des Bodens, Bestimmung 577. 583
Humus, Holz- 418
——kohle 370
——, kohliger 547
——, milder 546
Humusreicher Boden 565
Humussäure 370
——säure, Ausmittlung 579
Humus, saurer 546
Humussaure Salze 371
Humus, Verflüchtigung 544
——, Verhalten, physikalisches 545
Humusvermögender Boden 565
Humus, vollkommenen liefernde Pflanzen 601
——, Wald- 546
Hut, Destillir- 79
Hutzucker 315
Hydrate 45. 52
Hydratwasser 109
Hydrargyrum 34
Hydrochlorsäure 140
Hydrocyansäure s. Cyanwasserstoff 144
Hydrofluorsäure 143
Hydrogengas 106
Hydrogenium —
Hydrophyllit 247
Hydrostatische Presse 58
Hydrothiongas 130
Hydrothionsäure —
Hygroscopisches Wasser 109
Hyperchlorid 51
Hyperchlorür —
Hyperoxyd 49
Hyperoxydul —
Hyporyd -

I = Jod 142
$\bar{I}$ = 1 Doppelatom Jod
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{I}}$ = Jodsäure 143
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{I}}$ = Überjodsäure
Jagdpulver 226
Javelle'sche Lauge 232
Jd, Bedeutung als Endsylbe 52
Idokras 216
Ilex aquifolium 327
Ilmenium 12
Imbibiren = Tränken, Anfeuchten
Imprägniren 57

In, Bedeutung als Endsylbe 52
Indifferente Körper 42. 300
Indig = Indigo 345
Indigblau 347
Indigschwefelsäure —
Indigunterschwefelsäure —
Indigbraun 346 (2)
Indigcarmin s. Carmin, blauer
Indigleim 346
Indigo 345
Indigoauflösung 346. 348
——, Desoxydation 347
Indigoentfärbung durch Vegetation 337
——, Reduction 347
Indigotinctur 346. 348
Indigpurpur 347
Indigroth 346
Indigsäure 347
Indigweiß —
Inductive Verwandtschaft 16
Inflammable Luft 106
Infundiren 74
Infusion —
Inspissiren = Eindicken 75
Instrumente, chemische 54—100
Inula 310
Inulin —
Jod 142
Jodete 143. 204
Jodide 50. 143
Jodmetalle 143. 204
Jodsäure 143
Jodstickstoff —
Jodtinctur 142
Jodüre 50. 143
Jodverbindungen —
Jodwasserstoff —
Johannisblut 341
Johanniskrautroth 344
Josephpapier 95
Ipser Ziegel s. Y. 89
Ir = Iridium 33
$\bar{I}$ = 2 Atome Iridium
$\dot{\bar{I}}r$ = Iridiumoxydul
$\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{I}}r$ = Iridiumsesquioxydul
$\ddot{I}r$ = Iridiumoxyd
$\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{I}}r$ = Iridiumsesquioxyd
$\acute{I}r$ Einfachschwefeliridium
$\overline{I}r'''$ Anderthalbschwefeliridium
$\ddot{I}r''$ Zweifachschwefeliridium

Irdene Ziegel 89
Iridium 12 13.
Iris, blauer Farbstoff 348
Irrlichter 135
Irrwische —
Isatis tinctoria 345
Isländischmoosbitter = Cetrarin 334
Isomerie 39
Isomorphie 35
Ite, Bedeutung als Endsylbe 52
Italienische Pappelrinde, Gerbstoffgehalt 290
—— Verkohlungsmethode 634
Juraformation 504
Jurakalk 504
Juxtaposition 16. 28

K = Kalium 33
$\dot{K}$ = Kali 221
$\dddot{K}$ = Kaliumhyperoxyd
K' = Einfachschwefelkalium
K'' = Zweifachschwefelkalium
K''' = Dreifachschwefelkalium
K'''' = Vierfachschwefelkalium
K''''' = Fünffachschwefelkalium
$\bar{K}$ = Selenkalium
$\overset{+}{K}$ = Tellurkalium
Kaddigbeeren s. Wachholderbeeren
Kali 221. 523
Kalialgun 252
Kali, Ätz- 221
Kalibisulphat = zweifachschwefelsaures Kali 224
——, blausaures = Cyankalium 233
——, blausaures Eisen-, gelbes = Kaliumeisencyanür 261
——, blausaures Eisen-, rothes = Kaliumeisencyanid 262
—— carbonat = kohlensaures Kali 223
Kalichlorat = chlorsaures Kali 232
——, chlorsaures —

Seite

Kali, doppeltschwefelsaures 224
——, einfachschwefelsaures 223
—— eisenblausaures = Kaliumeisencyanür 261
Kalifeldspath 522
——, humussaures 371
——, kieselsaures 232
——, kleesaures = oxalsaures Kali 282
——, kohlensaures 223
——, kohlensaures als Bodenbestandtheil 540
——, mangansaures 267
Kalinatroncarbonat 235
Kalinatron, kohlensaures —
Kalinatron, weinboraxsaures 48
Kalinitrat = salpetersaures Kali 224
——, oxalsaures 282
Kalisalpeter 224
——, salpetersaures —
Kalisalze 223
——, salzsaures = Chlorkalium
——, sauerkleesaures = oxalsaures Kali 282
——, schwefelsaures 223
——, schwefelsaures, neutrales —
——, schwefelsaures, saures = zweifachschwefelsaures Kali 224
Kalisulphat = schwefelsaures Kali 223
——, übermangansaures 267
——, weinboraxsaures 136
Kalium 221
——, Cyan- 233
Kaliumeisencyanid 262
——, Reactionen auf Metalle 207
Kaliumeisencyanür 262
——, Reactionen auf Metalle 207
Kali, zweifachschwefelsaures 224
Kalk = Kalkerde 243
—— als Bodenbestandtheil 536. 538
——, ätzender 243
——boden 530. 563. 565. 590. 594
—— boden, lehmiger 566
—— boden, sandiger —
—— boden, thoniger —
—— brei 244
——, Cerithen- 505

Seite

Kalk, dichter 529
Kalkerde 243. 523
—— bicarbonat = doppeltkohlensaure Kalkerde 244
—— biphosphat = doppeltphosphorsaure Kalkerde 246
—— carbonat = kohlensaure Kalkerde 244. 462. 536
——, doppeltkohlensaure 244
——, doppeltphosphorsaure 246
——, humussaure 371
——, kieselsaure = K.-Silicat 217
——, kohlensaure 244. 462. 536
—— phosphat = phosphorsaure K. 246
——, phosphorsaure —
—— ——, basische —
—— ——, halbbasische —
—— ——, neutrale —
——, salpetersaure 244
—— salze —
——, schwefelsaure 245
——, schwefelsaure, Einfluß auf Vegetation 131. 466. 478
—— silicat 217
—— sulphat = schwefelsaure Kalkerde 245
——, zweifachkohlensaure 244
—— zweifachphosphorsaure 246
Kalkfeldspath 522
Kalk, fetter 243
——, Flötz- 505
——, gebrannter 243
—— gegen Holzfäulniß 608
——, gelöschter 243
——, Grob- 505
——, hydraulischer 244
——, Jura- 504
—— kitt 92
——, lebendiger = ungelöschter K. 243
——, magerer —
—— mergel 534
—— metall 243
——, Metall- 175
—— milch 244
——, Muschel- 504
——salpeter = salpetersaure Kalkerde 224
—— salze 244

Seite

Kalk, salzsaurer = Chlorcalcium 246
—— —— gegen Holzfäulniß s. Chlorcalcium 608
—— sand 558
——sandstein 531
—— sandsteinboden —
——, Schaum- 244
——, schwefelsaurer als Bodenbestandtheil 538
——spath 522
——stein 208. 529
——, todter = gelöschter Kalk 243
——, todtgebrannter —
—— tuff 530
—— tuffboden —
——, Ur- = Kalk des Urgebirges 503
——, Verhalten zur Elektricität 554
——wasser 244
——, zerfallener —
Kalmus, Aschenbestandtheile s. Acorus C. 388
Kälte, Einfluß auf Vegetation 480
Kaltgründiger Boden 548
Kamillenblüten, Aschenbestandtheile s. Matricaria Cham. 389
——, Bestandtheile, nähere 434
Kampher 321. 323
——, Asarum- 324
——, Birken- 323
——, Cantharriden- —
——, Haselwurz- 324
——, Melilotus- —
——, Meloe- 323
——, Spanisch-Fliegen- —
——, Steinklee- s. Melilotuskampher 324
——, Tonka- —
Kandiszucker 315
Kapelle 65. 72
Kapellenofen 65
Kapnomor 378
Kappe des Theerofens 643
Karamel 316
Karmin s. C.
Karpathischer Terpentin 327
Kartoffelblütengelb 340
Kartoffelkraut, Aschenbestandtheile 385. 386. 389
Kartoffel, Stärkmehlgeh. 308
Käsekitt 92
Käsestoff 353
Kastanienblüten, Aschenbestandtheile 386

Seite
Kastanienfrüchte, wilde, Bestandtheile, nähere 438
Kastanienrinde, Gerbstoffgehalt 290 (2)
Katalyse 15
Katalytische Kraft —
—— —— der Metalle 149
Katechugerbsäure 294
Kaupe 518
Kaustische Alkalien 177
—— alkalische Erden —
Kaustisches Ammoniak = Ätzammoniak 239
Kaustischer Baryt = Ätzbaryt 242
Kaustisches Kali = Ätzkali 221
Kaustischer Kalk = Ätzkalk 243
Kaustisches Natron = Ätznatron 234
Kautschuk 328
Kautschukauflösung —
Kautschukfirniß
Kautschuköl —
Kehrsalpeter 224
Keimen der Pflanzen 452
Keimung, Bedingungen der —
——, Beförderung der 140. 143 (2). 484
——, Theorie 453
Kernklüfte des Holzes 428
Kernrisse des Holzes —
Kernschäle 429
Kerzenflamme 104
Kessel 75
——, Branntwein= = Destillirblase 78
Kesselstein 245
Keule, Mörser= 54
Kieferboden 556
Kiefernadeln, Aschenbestandtheile 387
Kiefersamenöl 678
Kienbrände 644
Kienöl —
Kienruß 658
——, Bestandtheile 659
—— brennen 658
—— ofen —
——, Reinigung 660
—— surrogat —
Kies 556. 557
——, Einfluß auf Bodenbeschaffenheit 558
Kiese 181
Kies, Eisen= 263
——, Graueisen= 182
——, Haar= —
——, Kupfer= —
Kies, Magnet= 182
——, Schwefel= —
——, Wasser= 263
——, Kies= 181
Kiesel 136
——, Allotropie —
——, Eisen= 217
—— erde 137. 523
—— erde als Bodenbestandtheil 532
—— erdegehalt der Pflanzen 136. 391
—— feuchtigkeit 233
—— fluormetalle 144
—— flußsäure —
—— galmei 217 (2)
—— malachit 217
—— mangan —
——, Modificationen des 136
—— säure 136. 523
—— saure Alaunerde 252
—— säure als Bodenbestandtheil 532
—— säuregehalt der Pflanzen 136. 391
—— saure Bittererde 249
—— saures Eisenoxyd 259
—— saures Eisenoxydul 258
—— saures Kali 232
—— saurer Kalk 217
—— saure Magnesia 249
—— saur. Manganoxydul 266
—— saures Natron 237
—— saure Salze 138
—— saure Talkerde 249
—— saure Thonerde 252
Killinit 216
Kinogerbsäure 294
Kirschen, Bestandtheile, nähere 440
Kirschgummi 314
Kirschkernöl 319
Kissinger Wasser 122
Kitte 91
Kitt, Eisen= 92
——, fetter —
——, feuerfester —
—— für Ammoniak —
—— —— Säuren —
—— —— Wassergefäße —
—— —— Gasentwicklung —
—— Glas= —
——, Gyps= —
——, Harz= —
——, Holz= 93
——, Kalk= 92
——, Käse= —
——, Marmor= —
——, Metall= 93
Kitt, Ofen= 92
——, Porzellan= —
——, Stein= —
——, Wachs= —
——, wasserdichter 92 (2)
Klären 98
Klatschrosenblüten, Bestandtheile, nähere 435
Klay 534. 555
Kleber 353
Klebwachs 92
Klee, Aschenbestandtheile 385
Kleesalz 282
Kleesäure 281
Kleesaures Ammoniak = oxalsaures Ammoniak 282
—— Kali —
Kleesaure Salze —
Kleister 92. 309
Klima 497
——, Flußniederungen 496
——, Gebirgs= —
——, Hochebenen= —
——, Küsten= 497
—— meeresgleicher Ebenen —
——, Thal= 498
Knallgas 108
Knallgebläse —
Knallluft = Knallgas —
Knallpulver, Literatur 6
Knallquecksilber 144
Knallsäure —
Knallsaures Quecksilberoxyd —
Knistern 77. 88.
Knistersalz 238
Knoblauchöl 324
Knochenasche = Knochenerde 246
Knochenerde —
Knoppern 291
Koaks 368
Kobalt 12. 13
Kobaltvitriol 210
Kochringe 98
Kochsalz 238
—— gegen Holzfäulniß 608
Kochsalzgeist = Salzsäure 140
Kochsalzsäure = Salzsäure —
Kochen, Stoßen beim 72. 99
Kohks s. Coaks 368
Kohle 121
——, braune 651
——, Eigenschaften 121. 637
——, Einwirkung auf Vegetation 544. 550. 553
——, Gasabsorption 550

Seite
Kohle, gute, Zeichen der 637
——, leicht entzündliche 651
Kohlenarten, Brennwerth der verschiedenen 638. 639
Kohlenbrennen 622
——, Arten desselben 625
——, Ausbeute beim 622. 640. 641 (2) 642
——, Form des Holzes beim 624
——, Jahreszeit zum —
—— in Cylindern 651
—— in gemauerten Öfen 643
—— in Gruben 655
—— in Haufen 635
—— in liegenden Werken —
—— in Meilern 625
—— in Öfen 642
—— in Öfen mit Luftzutritt 652
—— Literatur 6
—— Ort zum 624
Kohlenbrennerei 622
——, italienische 634
——, Arten der 625
——, Zweck der 622
Kohlenbrenner, Wahrhammer der 633
Kohlendampf } = bei unvollkommenem Verbrennen der Kohle erzeugtes, brandölhaltiges Kohlenoxyd
Kohlendunst }
Kohlenfeuer 93
Kohlengas = Leuchtgas aus Steinkohle
Kohlengebirge 503
Kohlengewicht, Verhalten zum Volumen 642
Kohlen, Lese- 634
Kohlenlösche = mit Erde gemengter Kohlenstaub
Kohlenmeiler 626 630
——, Abbähen des 632
——. Abkühlen des 633
——, Anzünden 631
——, Bähen des 632
——, Decke 625. 629
——, Errichtung 626
——, Explosion 632
——, Füllen —
——, Füllloch 631
——, Fußräume des 632
——, flüssige Produkte aus dem 629
——, Form 630
——, Gahre 633
——, Größe 627
Seite
Kohlenmeiler, große, Vorzüge derselben 628
——, Haube 627
——, Holzessig aus dem 629
——, kleine, Vorzüge der 628
——, liegende 626. 630
——, Mittelräume 632
——, Räume der 631
——, Richtung beim Anzünden 628
——, Rost des 626
——, Rüstung des 630
——, Schlagen des 632 (2)
——, Schlichten des 629
——, Schwitzen des 632
——, Schwarzmachen des 630
——, stehender 626. 627
——, Stoßen des 632 (2)
——, Theer aus dem 629
——, Treiben des 632
——, Umfassen des —
——, Verbrückung des 626
——, Werfen des 632
——, Zubrennen —
Kohlenofen, Schwartz's 655
——, Chabeaussière's 653
Kohlenoxydgas 122
Kohlen, Quandel- 633
——, Rech- 634
Kohlensandstein 531
Kohlensäure 122
Kohlensaures Ammoniak 240
Kohlensäure, Bestimmung 588
Kohlensaure Bittererde 249
Kohlensäuregas = Kohlensäure 122
Kohlensaures Kali 223
—— Kalinatron 236
Kohlensaure Kalkerde 244
—— Magnesia s. kohlensaure Bittererde 249
Kohlensaures Natron 235
—— Natronkali 236
Kohlensaure Salze 123
—— Talkerde s. kohlensaure Bittererde 249
Kohlenstickstoffsäure 347
Kohlenstoff 120
——, Allotropie 121
Kohlenstoffbestimmung in organ. Stoffen 272
Kohlenstoffoxyd 122
Kohlenstoff, Schwefel- 131
——, Ursprung dess. in Pflanzen 464
——, Verbindungen 122
Kohlentiegel 90
Seite
Kohlenvolumen, Verhalten zum Gewicht 642
Kohlenwasserstoff im Maxim. des Kohlenstoffs 124
—— im Minim. des Kohlenstoffs —
——, leichter —
——, schwerer —
Kohlenwasserstoffverbindungen —
Kohlenziehen 633
Kohle, Humus- 370
——, Pulver- 651
Köhlerei s. Kohlenbrennerei 622
Kohle, Roth- 651
—— ——, Darstellung in Meilern —
——, Schießpulver- —
——, specif. Gewicht 637
——, schlechte, Zeichen der —
Kohlsaatöl 319
Kolben, Blei- s. Vorlage 143
——, Destillir- 78
——, Digerir- 73
——, Glas- —
——, Platin- s. Vorlage 143
Kolkothar 128
Kolophonium 328. 657
Kolophonsäure 328
König der Meiler 635
—— der Metalle 141
——, Metall- 145
Königswasser 141
——, Verhalten zu Metallen 162
Kooks s. Coaks 368
Kopaivbalsamöl 322
Kopal 328
Kopf der Kohlenhaufen 636
—— liegender Werke —
Körbchen, Untersatz- 74
Kornblumenblau 348
Körper, amphigene 44
——, amphotere 42
——, einfache 12. 13
——, indifferente 42. 270. 300
——, leichtester 107
——, organische 268
Körper, organische, Zersetzung an der Luft 356
—— ——, Zersetzung durch anorganische Säuren 379
—— ——, Zersetzung durch Wärme 375
—— ——, Zersetzung

Seite

durch Wärme nebst Luft und Wasser 375
Korund 250
Kraft, katalytische 15
—— —— der Metalle 149
Krankheiten der Forstgewächse 486
Kräuter, Aschenbestandtheile 385. 386. 387. 389
Krautrübensamenöl 678
Kreide 530
—— boden 530. 563
—— gebirge 504
——, spanische 249
——, venetianische —
Kreosot 378. 379
—— gegen Holzfäule 609
——, Literatur 8
Kressensamenöl 678
Kreuzbeerengrün 350
Krümelzucker 317. 379
Kryolith 205
Krystalle, Anschießen der 76
Krystallhaut —
Krystallisation 75
Krystallmehl 76
Krystallwasser 109
Küchensalz = Chlornatrium 238
Kugelapparat Liebig's Fig. 102. d. 272
Kühlapparate 79. 80
Kühlfaß 79
Kümmelsamen, Bestandtheile, nähere 441
Kupfer 12. 13
——, Bronziren des 158
——, Bruniren des —
——, Entdeckung im Branntwein 164
Kupferglanz 182
Kupferindig —
Kupferkies —
Kupferlasur 208
Kupfernickel 169
Kupferschwärze 172
Kupferüberzug, platinähnlicher 158
Kupfervitriol 210
Kuppel, Ofen- 65
Kürbiskernöl 319. 678
Kurkuma s. C.
Küstenklima 497
Kyanisirtes Holz 609
Kyanol 379

L = Lithium 33
L̇ = Lithiumoxyd oder Lithion
L̸ = Schwefellithium

Seite

L̄ = Milchsäure 363, auch Selenlithium
$\overset{+}{\text{L}}$ = Tellurlithium
La = Lanthan 33
L̄a = L̄ = Milchsäure 363
Labkrautroth 343
Laboratorium, chem. 53
—— ——, Literatur 2
Labrador 522
Lachgas 116
Lacke 328. 339
Lackfarben = Lacke —
Lackfirnisse 328
Lackmus 343
Lackmuspapier —
Lackmustinctur —
Lactate 363
Lacticum acidum —
Lamelliren 55
Lampe, Berzelius' 70
——, Davy's 105. 124. 151
——, doppelzügige 70
——, Fuchs' —
——, Glüh- 151
——, Sicherheits- 105. 124
Land, aufgeschwemmtes = Alluvium 510
Lanthan 12
Lärchenrinde, Gerbstoffgehalt 290
Laterne, Davy's 105. 124
——, Sicherheits- — —
Laub, Aschenbestandtheile 385 (2) 386. 387
Laubholzaschenbestandtheile 385 (2) 386 (2) —
Läufer 54
Laugensalze = Alkalien 45. 50. 155
Laugensalz, flüchtiges = Ammoniak 238
——, mineralisches = Natron 234
——, Pflanzen- = Kali 221
——, vegetabilisches = Kali —
Laumontit 216
Lebenskraft 451
Lebensluft = Sauerstoff 102
Lebensprozeß der Pflanzen 447
Lebergas } = Schwefel-
Leberluft } wasserstoff 130
Lecanora 342. 343
Legirungen 51. 168
Legirung, Rose's 171
Legumin 353
Lehm 534

Seite

Lehmboden 561. 565. 566. 567. 590
——, humusreicher 566
——, kalkiger 562
——, mergelkalkiger 566
——, milder —
——, salziger 562
——, sandiger 561. 566
——, starker —
——, strenger —
Lehmsumpfboden 518 (2)
Lehm, Veränderung an der Luft 515
—— —— durch Glühen 536
Leicesterweide, Gerbstoffgehalt 290 (3)
Leichter Boden 554
Leichtester Stoff 107
Leichtmetalle 155. 221
Leim, Pflanzen- 354 (2)
——, Vogel- 327
Lein, Aschenbestandtheile s. Linum 389
Leindotteröl 319. 678
Leinöl 319. —
—— gegen Holzfäulniß 609
Leinsamen, Aschenbestandtheile 388
——, Bestandtheile, nähere 439
Leinsamenschleim 314
Leithölzer des Kohlenmeilers 634
Lerchenrinde, Gerbstoffgehalt 290
Lesekohlen 634
Letten 535
Leuchten des Holzes 419
—— der Pflanzen 483
—— der Wasserstoffflamme 108
—— der Weingeistflamme 369
Leuchtgas 124
Leuchtmaterial, Wasserstoff als 108
——, Weingeist als 369
Leucit 217
Leukol 379
Li = Lithium 33
Libethenit 213
Lichen calcareus 343
—— corallinus —
—— omphalodes —
—— parietinus 339
—— saxatilis 343
Lichenin 310
Lichtbrechungsvermögen, kleinstes 103
Licht, Einfluß auf Pflanzen 463. 482

Seite
Licht, Einfluß auf Pflanzen durch Wasserstoff ersetzbar 464
—— entwicklung durch Pflanzen 483
——, chemische Wirkung 20. 23. 463. 482
——, Drummond's 105
——, stärkstes 103
Liegende Werke 635
—— ——, Feuerhaus d. 636
—— ——, Kopf der —
—— ——, Segel der —
Lievrit 217 (2)
Lignin 300
Ligurit 217
Lindenblätter, Aschenbestandtheile s. Laub 387
Lindenblüten, Bestandtheile, nähere 434
Lindenholz, Aschenbestandtheile 386. 387
Lindenlaub, Aschenbestandtheile —
Lindenrinde, Aschenbestandtheile —
Lindensamenöl 677
Linsensamen, Aschenbestandtheile 389
Linum usitatissimum —
Literatur 1
——, Agriculturchemie 3. 4
——, Austrocknen des Holzes 7
——, Bodenkunde 4
——, Brennmaterialien 6. 7
——, Chemie, analytische 2
—— ——, reine 1
—— ——, technische 3
——, Eupion 8
——, Forst-, allgemeine 1
——, Forstbenutzung 5
——, Forstchemie 3
——, Forstphysik 5
——, Forsttechnologie —
——, Holzconservation 7
——, Holzschwamm —
——, Holzverkohlung 6. —
——, Knallpulver 6
——, Kohlenbrennen 6. 7
——, Kreosot 8
——, Pflanzenphysiologie 4
——, Physik 5
——, Schießbaumwolle 6. 307
——, Schießpulver 6
——, Stöchiometrie 2. 3
——, Technologie 5
——, Torf 5. 7
——, Trocknen d. Holzes —
Lithium 12. 13

Seite
Löffelkrautöl 324
Löffel, Platin- 71
Lorbeeröl 678
Lösche, Kohlen- == mit Erde gemengter Kohlenstaub
Löschen des Kalks 243
Lösung 17. 55. 61. 62. 458
Löthrohr 71
——, Literatur 2
Löthrohrlöffel 71
Löthrohrzange —
Lucernegelb 341
Luft 12. 112. 487
—— abschluß, Erhitzen, beim 108
——, atmosphärische 112. 487
—— ballon 107. 125
—— beständige Salze 77
——, brennbare == Wasserstoff 106
——, dephlogistisirte == Sauerstoff 102
—— elektricität 491
—— elektricität, Erforschung 492
——, entzündliche == Wasserstoff 106
—— feuchter Boden 549
—— feuchtigkeit 489
——, fixe 122
——, flüchtige == Ammoniak 238
—— gütemesser 86. 114. 115
——, hepatische 130
——, inflammable == Wasserstoff 106
——, Lebens- == Sauerstoff 102
——, Leber- == Schwefelwasserstoff 130
——, mephitische == Kohlensäure 122
—— nasser Boden 549
——, nitröse == Stickstoffoxyd 116
——, phlogistisirte == Stickstoff 110
——, Phosphor- == Phosphorwasserstoff 134
——, respirable == Sauerstoff 102
——, Salpeter- == salpetrige Säure 116
—— säure 122
——, Schwefelleber- 130
——, Schwefel-, stinkende == Schwefelwasserstoff —
—— temperatur 489

Seite
Luft, verdorbene == Stickstoff 110
Luftwärme 489
Luftwechsel im Boden 550
Luft, Wonne- == Stickstoffoxydul 116
Luftgas —
Luteolin 339

M == Äpfelsäure 285
Maceriren 58
Macrochemische Operationen 53
Madia sativa, Samen, Aschenbestandtheile 388
Magnesia 247. 523
Magnesia alba 249
Magnesia als Bodenbestandtheil 538
——, basischkohlensaure 249
—— bicarbonat == zweifach kohlensaure Magnesia —
—— carbonat == kohlensaure Magnesia —
——, doppeltkohlensaure —
——, humussaure 371
—— kalkcarbonat 249
——, kieselsaure, neutrale —
—— ——, zweidrittel- —
——, kohlensaure —
—— ——, neutrale —
—— salze 247
——, salzsaure == Chlormagnesium 249
——, —— gegen Holzfäulniß s. Chlormagnesium 608
——, schwefelsaure 248
—— silicat == kieselsaure Magnesia 249
—— sulphat == schwefelsaure Magnesia 248
—— verbindungen s. Salze 247
——, weiße == kohlensaure Magnesia 249
——, zweifachkohlensaure —
Magnesit 208
Magnesium 247
——, Chlor- 249
—— —— gegen Holzfäulniß 608
Magneteisenstein 171. 260
Magnetismus der Metalle 149
Magnetkies 182

Seite
Mahalebkirschholz, Aschenbestandtheile 386
Mahlsand 557
Maissamen, Aschenbestandtheile 388
Maisstroh, Aschenbestandtheile —
Makrochemische Operationen 53
Malachit 208
Malate 286
Maleïnsäure —
Malicum acidum 285
Mandelöl 319. 678 (2)
Mangan 263
——, als Bodenbestandtheil 542
—— blende 267
—— chlorür —
—— deutoxyd 266
—— erz, Roth- 265
—— glanz 182. 267
—— hyperoxyd —
—— hyperoxydhydrat —
Manganit 171. 263
Mangankiesel, rother 217
——, schwarzer —
Manganoxyd 266
Manganoxydhydrat —
Manganoxydoxydul —
Manganoxydul 263
Manganoxydulcarbonat = kohlensaures Mangan 265
Manganoxydul, humussaures 372
——, kieselsaures 266
——, kohlensaures 265
——, salzsaures = Manganchlorür 267
——, schwefelsaures 265
——, —— gegen Holzfäulniß 608
—— silicat = kieselsaures Mangan 265
—— sulphat = schwefelsaure Magnesia —
Manganpecherz 213
Manganperoxyd 267
Manganprotoxyd 263
Mangansalze —
Mangansäure 267
Mangansaures Kali —
Mangan, Schwefel-
Manganspath 208
Mangansuperoxyd 267
Manganübersäure —
Manganverbindungen 263
Manna 317
Mannazucker —
Mannit —

Seite
Margarin 319
Margarinsäure —
Margarit 216
Marienbad 73
Marmorkitt 92
Marschboden 518 (2)
Maser des Holzes 429
Mastbuche = Buche
Mastixkitt 93
Matière incrustante 300
Matricaria Chamomilla, Aschenbestandtheile 389
Mauersalpeter, Mauersalz = jedes aus Mauern ausgewitterte Salz, bald aus Kali- und Kalksalpeter, bald aus schwefels. oder kohlens. Natron bestehend
Me = Mekonsäure
Mechanische Operationen 53
Medicagogelb 341
Medicingewicht 100
Meerrettigöl 324
Meersalzsäure = Chlorwasserstoffsäure 140
Meeresboden 520
Meeressandboden 560
Meerschaum 217. 249
Meerwasser 110
Mehlkleister 92
Mehlsand 557
Meiler 626
——, Abbähen der 632
——, Abkühlen der 633
——, Anzünden der 631
——, Bähen der 632
—— decke der 625. 629
——, Erddach der 630 (2)
——, Errichtung der 626
——, Explodiren der 632
——, flüssige Produkte aus dem 629
——, Form der 630
——, Füllen der 632
——, Füllloch der 631
——, Fußräume der 632
——, Gahre der 633
——, Größe des 627
——, große, Vorzüge 628
——, Haube der 627
——, Holzessig aus dem 629
——, kleine, Vorzüge 628
——, liegender 626. 630
——, Mittelräume der 632
——, Rauhdach der 630 (2)
——, Räume der 631
——, Richtung beim Anzünden 628
——, Rost der 626
——, Schlagen der 632 (2)

Seite
Meiler, Schlichten der 629
——, Schwarzmachen der 630
——, Schwitzen der 632
—— stätte, Bereitung der 626
——, stehender 626. 627
——, Stoßen der 632 (2)
——, Theer aus 629
——, Treiben 632
——, Umfassen —
——, Verbrücken 626
—— verkohlung 625
——, Werfen der 632
——, Zubrennen —
——, Zündröhre der 629
Melasse 315 (2) 316
Melilith 217
Melilotenkampher 324
Meloekampher 323
Membran, thierische zur Entwässerung des Weingeistes 368
Mengung s. Gemenge 17
Mennig 171
Menstruum = Auflösungsmittel 56
Mephitische Luft = Kohlensäure 122 oder Stickstoff 110
Mercurius 12, auch = Quecksilber
Mergel 534. 537
—— als Bodenbestandtheil —
Mergelanalysen 538
Mergelboden 531. 537. 565. 594
——, kalkiger 566
——, lehmiger —
——, sandiger —
——, thoniger —
Mergel, Bestandtheile 538
——, Erd- 534
——, Kalk- —
—— lager 566
——, lehmiger 537
——, Sand- 534. —
—— sandstein 531
——, Stein- 534
——, thoniger 534. 537
Merulius destruens 604
Mesit 377
Mesol 217 (2)
Mesolit — —
Mespilus Pyracantha, Früchte, Bestandtheile, nähere 438
Metagallussäure 293
Metallbad 73
Metalle 12. 13. 145

Seite

Metalle, Abschwefeln 184
——, Alkali- 155
—— als Bodenbestandtheile 541
——, Anlaufen 157. 158
——, Auflöslichkeit 154
——, Chlor- 202
——, Cyan- 145. 206
——, Darstellung 146
——, dehnbare 155
——, Dehnbarkeit 151
—— des Bodens 541
——, Eigenschaften, chemische 154
——, ——, physische 147
——, Eintheilung 155
——, edle —
——, Elektricitätleitung 148
——, elektronegative 155
——, elektropositive —
——, Erd-
——, Erd-, alkalische —
——, Farbe 148
——, Flüchtigkeit 153
——, Form —
——, gediegene 145
——, Glanz 147
——, Geruch 148
——, Geschmack —
——, geschmeidige 155
——, Geschmeidigkeit 151
——, Halb- 155
——, Härte 152
——, katalytische Kraft 149
——, Kieselfluor- 144
——, Klang 152
——, König der 141
——, Krystallform 153
——, Leicht- 155. 221
——, Magnetismus 149
——, Richt- 13. 101
——, Oxydation an der Luft 156
—— —— im Wasser —
——, Reduction 146
——, regulinische 145
Metalli regulus —
Metalle, Rosten 158
——, Schmelzbarkeit 152
——, schmiedbare 151
——, Schwefel- 181
—— ——, Anwendung 185
—— ——, Auflöslichkeit 183
—— ——, Ausmittlung s. Erkennung 184
—— ——, Darstellung 182
—— ——, Eintheilung 181
—— ——, Erkennung 184
—— ——, Farbe 183

Metalle, Schwefel-, Form 183
—— ——, Krystallform —
—— ——, Nomenclatur 181
——, Schwefel-, Reduction 184
—— ——, Verhalten, chemisches —
—— ——, Vorkommen 182
——, schweißbare 152
——, Schwer- 155
——, specif. Gewicht 148
——, —— Wärme 32
——, spröde 155
——, Sprödigkeit 151
——, streckbare 155
——, Undurchsichtigkeit 147
——, unedle 155
——, unvollkommene = Halbmetalle —
——, Verbrennen der 157
——, Verhalten zu Alkalien 165
—— —— zu anorganischen Säuren 159
—— —— zu Fetten 164
—— —— zu Flußsäure 163
—— —— zu Haloiden 159
—— —— zu Königswasser 162
—— —— zu organischen Säuren 163
—— —— zu Salpetersäure 161
—— —— zu Salzen auf nassem Wege 166
—— —— zu Salzen auf trocknem Wege —
—— —— zu Salzsäure 160
—— —— zu Schwefel 159
—— —— zu Schwefelsäure 160
——, vollkommene 151. 155
——, Wärmeleitung 151
Metallfirnisse 328
Metallgemisch, Rose's 171
Metallglanz 147
Metalli regulus 145
Metallisirtes Holz 613
Metallkalk 175
Metallkitt 93
Metallkönig 145
Metalllegirungen 168
Metalllegirung, Rose's 171
Metalloxyde —

Metalloxyde, Anwendung 180
——, Auflöslichkeit 176. 188
——, Ausmittlung 180
——, Darstellung 72
——, Eigenschaften, chemische 177
——, Eigenschaften, physische 173
——, Erkennung s. Ausmittlung 180
——, Farbe 173
——, Flüchtigkeit 178
——, Form 174
——, Geruch 177
——, Geschmack 176
——, Krystallform 174
——, Löslichkeit 180
——, Magnetismus 176
——, physiologische Wirkung 177
——, Reduction 146
——, Schmelzbarkeit 178
——, Verhalten an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur 177
——, Verhalten an der Luft bei höherer Temperatur 178
——, Verhalten, chemisches 177
——, —— zu Alkalien 179
——, —— zur Elektricität 176
——, —— zu Pflanzenfarben 180
——, —— zu Säuren 179
——, —— zu Schwefel —
——, Verwandtschaftstafel 194. 195. 196. 198
——, Vorkommen 171
——, Wirkung, physiologische 177
——, Zersetzung durch Hitze 178
Metall, Rose's 171
Metallsalze 46. 47. 185
——, Anwendung 202
——, Auflöslichkeit 188
——, Darstellung 185
——, Ermittlung auf nassem Wege 199
—— —— auf trocknem Wege 198
—— —— ihrer Basis 199
—— —— ihrer Säure 200
——, Farbe 187

Seite

Metallsalze, Flüchtigkeit 194
——, Form 186
——, Geruch 191
——, Geschmack 190
——, Krystallform 186
——, Krystallwasser 192
——, Löslichkeit 188
——, Nutzen 202
——, physiologische Wirkung 191
——, Schmelzbarkeit 193
——, Verhalten an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur 177
——, Verhalten an der Luft bei höherer Temperatur 178
——, Verhalten, chemisches 192
—— ——, gegenseitiges 197
—— —— zu Basen 194
—— —— zu Chlor 197
—— —— zu Kohle —
—— —— zu organischen Stoffen 198
—— —— zu Pflanzenfarben 192
—— —— zu Schwefel 197
—— —— zu Wasserstoff —
——, Verwitterung 192
——, Vorkommen 185
——, Wichtigkeit 202
Metallsäuren 42
Metalltiegel 90
Metallum nativum 145
Metamerie 40
Metaphosphorsäure 133
Methyloxyd 377
——, essigsaures —
Methyloxydhydrat —
M G = Mischungsgewicht 26
Mg = Magnesium 33
Microchemische Operationen 53
Miemit 249
Mikrochemische Operationen 53
Milch, Pflanzen- = Pflanzenemulsion 318
Milchsäfte 328. 396
Milchsäure 363
Milchsauregährung = Schleimgährung 362
Milchsaure Salze 363
Milch, Schwefel- 126
Milchzucker 317
Milligramm 100

Seite

Mimosengummi 314
Mimotannicum acidum 294
Mineralalkali
Mineralien, harte, Zerkleinerung 89
Mineralisches Chamäleon 267
Mineralogisch-chemische Zeichen 35
Mineralwasser 110
Mischende Verwandtschaft 14
Mischung 17. 22
Mischungsgewicht 26
——, Ausmittlung 28. 274
Mistelbeeren 327
Mittelräume des Meilers 632
Mittelsalze 46
$\overline{Ml} = \overline{M}$ = Äpfelsäure 285
Mn = Mangan 263
$\overline{Mn}$ = 2 Atome Mangan
$\dot{Mn}$ = —— Manganoxydul —
$\dddot{\overline{Mn}}$ = —— Manganoxyd 266
$\ddot{Mn}$ = —— Manganhyperoxyd 267
$\dddot{Mn}$ = —— Mangansäure —
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{Mn}}$ = Übermangansäure —
$\acute{Mn}$ = Schwefelmangan —
Mo = Molybdän 33
$\dot{Mo}$ = Molybdänoxydul
$\ddot{Mo}$ = Molybdänoxyd
$\dddot{Mo}$ = Molybdänsäure
$\overset{''}{Mo}$ = Zweifachschwefelmolybdän
$\overset{'''}{Mo}$ = Dreifachschwefelmolybdän
$\overset{''''}{Mo}$ = Vierfachschwefelmolybdän
$\overset{+}{M}$ = Morphium 300
Moder 370
—— substanzen —
——, Trocken- 604
——, Trocken- Literatur s. trockene Fäule 7
Mohnöl 319. 678. 679
Mohnroth 344
Molybdän 12. 13

Seite

Molybdänglanz 182
Molybdänocker 172
Monothionsäure 127
Moorboden 518. 519. 546
Moorbrennen s. Feuerdüngung
Moorbruch 519
Moorgrund 549
Moostorfboden 518. 519
Moosbitter = Cetrarin 334
Moosstärke = Lichenin 310
Morphium 300
Mörser, eiserne 54
Mörserkeule —
Mörser, Messing- —
——, Probe- 230
——, Solutions- 56
——, Stahl- 54
Mörtel 244
Morus nigra, Holzaschenbestandtheile 386
$\overline{Mr}$ = Margarinsäure 319
$\overline{Mt}$ = Catechugerbsäure 294
$\overline{Mu}$ = Schleimsäure
Mucin 354
Muschelkalk 504
Mutterlauge 76
Mycoderma aceti 364
Myricin 320
Myronsäure 355. 356
Myrosyn 355
Myrrhe 332

N = Stickstoff 110
$\overline{N}$ = 1 Doppelatom Stickstoff
$\dot{\overline{N}}$ = Stickstoffoxydul 116
$\ddot{\overline{N}}$ = Stickstoffoxyd —
$\dddot{\overline{N}}$ = salpetrige Säure —
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}}$ = Salpetersäure 117
Na = Natrium 234
$\dddot{\overline{Na}}$ = Natriumhyperoxyd
$\acute{Na}$ = Einfachschwefelnatrium
$\overset{''}{Na}$ = Zweifachschwefelnatrium
$\overset{'''}{Na}$ = Dreifachschwefelnatrium
$\overset{''''}{Na}$ = Vierfachschwefelnatrium

Seite

$\overset{'''}{Na}$ = Fünffachschwefelnatrium
$\overset{-}{Na}$ = Selennatrium
$\overset{+}{Na}$ = Narcotin (Alkaloid), auch Tellurnatrium
Nadelerz 182
Nähere Bestandtheile 12
Nahrung der Pflanzen 454
Nahrungssaft 394 (2)
——, roher 394
Namen, chemische 12. 49. 181
Naphthalin 379
Naphthen 380
Nasser Weg 54
Nativum metallum 145
Natrium 234
Natrolith (Natronthonerdesilicat) 235
Natron 234
——, Ätz- —
——, borsaures 237
—— carbonat = kohlensaures Natron 235
—— feldspath 522
——, humussaures 371
—— kalicarbonat = kohlensaures Kalinatron 236
—— kali, kohlensaures —
—— kali, weinboraxsaures 48
——, kieselsaures 237
——, kohlensaures 235
——, kohlensaures als Bodenbestandtheil 540
—— nitrat 237
——, salpeter = salpetersaures N. —
——, salpetersaures —
—— salze 235
——, salzsaures = Chlornatrium 522
——, schwefelsaures 236
Natronsilicat 237
Natronsulphat = schwefelsaures Natron 236
Natronthonerdesilicat 217
Natrum = Natron 234
Natur der Körper 11
Nb = Niobium 12
Nebel 105. 488
Nebenbestandtheile = in sehr kleiner Quantität vorhandene Bestandtheile einer Verbindung
Nelkenöl 322

Seite

Nesselroth 344
Neutral 25
Neutralisiren —
Neutralsalze 46. 47
NH^3 = Ammoniak 238
NH_4 = Ammonium —
$\dot{N}H_4$ = Ammoniumoxyd —
$\overset{'}{N}H_4$ = Einfachschwefelammonium 241
$\overset{''}{N}H_4$ = Zweifachschwefelammonium —
$\overset{'''}{N}H_4$ = Fünffachschwefelammonium
$\overset{-}{N}H_4$ = Selenammonium
$\overset{+}{N}H_4$ = Tellurammonium
Ni = Nickel 34
Ni = 2 Atome Nickel
$\dot{Ni}$ = Nickeloxyd
$\ddot{Ni}$ = Nickelsesquioxyd
$\overset{'}{Ni}$ = Schwefelnickel
Nichtmetalle 12. 13. 101
——, allgemeine Eigenschaften 13. —
——, feste —
——, gasförmige —
——, starre —
——, tropfbarflüssige —
Nichtmetallsäuren 42
Nickel 12. 13
Nicotianin 323
Nicotin 299
Niederschlag 62
Niederschläge, Arten der —
Niederschlagen —
Niobium 12
Nitrat, Baryt- = salpetersaurer Baryt 243
Nitrate 119. 213
Nitrat, Kali- = salpetersaures Kali 224
——, Kalk- = salpetersaurer Kalk —
——, Natron- = salpetersaures Natron 237
Nitricum acidum 119
Nitrogenium 110
Nitrolin 418
Nitröse Luft = Stickstoffoxyd 116
Nitröser Dampf = salpetrige Säure —

Seite

Nitrum 119
Nomenclatur, chemische
—— der Elemente 12
—— der Oxyde 49
—— der Salze 51
—— der Sauerstoffverbindungen 49
—— der Säuren 50. 51
—— der Schwefelmetalle 51. 181
—— der Verbindungen 49
—— der Wasserstoffverbindungen 51
Nordhäuser Schwefelsäure 130
—— Vitriolöl —
Nordwinde 496
Normalsalze 47
Nußbaumzucker 673

O = Sauerstoff 102
$\overline{O}$ = Oxalsäure 281
Obergrund 499
Obsidian 216
Obstbranntwein 674
Obstessig 365. 676
Obstwein s. Cider —
Ocher = Ocker
Ochsenblase zur Entwässerung des Weingeistes 368
Ocker 258
——, Antimon- 172
——, blauer = phosphorsaures Eisenoxydoxydul 258
——, brauner = Eisenoxyd —
——, Chrom- 172
——, gelber 259
——, Molybdän- 172
——, rother = Eisenoxyd 258
——, schwarzer = Eisenoxydul 256
——, Uran- 171
——, Wismuth- 172
——, Wolfram- —
Ofen 64
—— beschlag 92
——, Calcinir- = Flammofen 67. 666
——, Chabeaussière's 653
——, chemische 64
——, Destillir- 65
—— dom —
——, Flamm- 67. 93. 666
——, Gebläse- 65. 68
—— hitze, stärkste

Seite

Ofen, Kapellen- 65
——kitt 92
——kuppel 65
——, Reverberir- 67. 666
——, Röhren- 68
——, Schmelz- —
——, Schwartz's 655
——, Sefström's 68
——, Thon- 67
——, Ziegel- 66
——, tragbare 67
——, unbewegliche 65
——verkohlung 642
——, Verkohlungs- 643
——, Wind- 65. 67
——, Zug- 65. 67. 93
Okenit 217
Öl = Oleïnsäure 319
Öl Ackerhanf- 678
——, Anis- 323
——, Apfelkern- 319
——, Apfelsinen- 322
——bad 73
——, Baldrian- 322
——, Baum 319
——, Behennuß- —
——bildendes Gas 124. 125
——, Birken- 322. 379
——, Bittermandel- 323
——, Brand- 321. 375
——, brenzliches 321. —
——, Buchecker- 319. 677. 678 (2)
——, Buchel = Buchecker- 319. 677. 678 (2)
——, Citronen- 322
——, Citronenkern- 678
——, Copaivbalsam- 322
——, Distelsamen- 677
——, Dosten- 323
——, Erdeichel- 678
——, Erdnuß- 319
——, Fichtensamen- 677. 679
——, Hanf- 319. 678 (2)
——, Hartriegel- 677
——, Haselnuß- 319. 677 (2) 678 (2)
——, Kiefersamen- 678
——, Kirschkern- 319
——, Kohlsaat- —
——, Krautrübensamen- 678
——, Kressensamen- —
——, Kürbiskern- 319. —
——, Lein- — —
——, Leindotter- — —
——, Lindensamen- 677
——, Lorbeer- 678
——, Mandel- 319. 678 (2)
——, Mohn- 319. 678. 679
——, Oliven- 319. 678

Seite

Öl, Ölkohl- 678
——, Ölrettig- —
——, Pflaumenkern- 319. 678 (2)
——, Reps- 319. 678 (2) 679
——, Ricinus- 319. 678 (2)
——, Roßkastanien- 678
——, Rothtannensamen- 319. 677
——, Rübsen- 678. 679
——, Ruß- = Birkentheer- 379
——, Safflor- 678
——, Schamkraut- —
——, Schnittkohl- —
——, Senf-, fettes —
——, Sonnenblumenkern- 319. —
——, Tabaksamen- — —
——, Tannensamen- 319. 677. 678. 679
——, Traubenkern- 319
——, Trester- 678
——, Wallnuß- 319. 678
——, Wausamen- 677. 678. 679
——, Wegdistel- 678
——, Weintrester- —
——, Weißrübensamen- —
——, Wunderbaumsamen = Ricinusöl 319. 678 (2)
Öle, ätherische 321
—— ——, sauerstofffreie 322
—— ——, sauerstoffhaltige 323
—— ——, schwefelhaltige 324
——, Ausbeute, Tabelle der 678
——, ausgepreßte = fette Öle 318
——, Brand- 321. 375
——, brenzliche 321. —
——, destillirte = ätherische 321
——, empyreumatische 321. 375
——, essentielle = ätherische 321
——, fette 318
——, fixe = fette —
——, flüchtige 321
——, milde = fette 318
——, nicht trocknende 319
——, schwefelhaltige 324
Öl, Esdragon- 323
Öle, seccative / ——, siccative = trocknende 319

Seite

Öle, trocknende 319
Oleum betulinum 379
—— moscoviticum —
—— rusci —
Öle, wesentliche = ätherische 321
Ölflamme 104
Ölgas = ölbildendes Gas 124. 125
Öl, gegen Holzfäulniß 609
——, Kien- 644
——, Knoblauch- 324
——, Knoblauchkraut- —
——kohlöl 678
——, Löffelkraut- —
——, Meerrettig- —
——, Nelken- 322
——, Petersilien- —
——, Pfeffer- —
——, Pfeffermünz- 323
——, Pinus abies- 322
——, Pomeranzenblüten- —
——Pomeranzenschalen- —
——, Rauten- 323
——rettigöl 678
——, Sadebaum- 322
——säure = Oleïnsäure
——, Scheidung von Wasser 94. 97
——, Senf-, flüchtiges 324
——, Stein- 322
——süß = Glycerin 318
——, Terpentin- 322
——, Vitriol- 130
——, Wachholder- 322
——, Weinstein- = Pottaschenlösung
——, Wermuth- 323
Oleïn 319
——säure —
Olivenöl 319. 678
On als Endsylbe, Bedeutung 52
Önanthäther 362
Önanthsäure —
Opal = natürliche amorphe Kieselsäure
Opalisiren = halbdurchsichtig sein wie Opal
Operationen, chemische 53
—— —— auf nassem Wege 54. 61
—— —— auf trocknem Wege 54. 87
——, makrochemische 53
——, mechanische —
——, mikrochemische —
Opium 332
Orceïn 343

Seite

- Orcin 342 (2)
- Ordnung, elektrochemische der Elemente 13
- Organische Analyse 271
- —— Basen 270. 299
- —— Chemie 10. 268
- —— —— Literatur 1. 2. 3. 4
- —— Elementaranalyse 271
- —— Körper 268
- —— ——, Ableitung ihrer Atomzahlen 274
- —— ——, Zersetzung an der Luft 356
- —— —— Zersetzung durch anorganische Säuren 379
- —— —— Zersetzung durch Wärme 375
- —— ——, Zersetzung durch Wärme nebst Wasser und Luft —
- Organische Radicale 270
- —— Säuren 270. 276
- —— ——, Eigenschaften —
- —— ——, Entstehung 463
- —— ——, Sättigungscapacität 277
- —— ——, Verhalten zu Metallen
- —— ——, Zweck in der Natur 470
- —— Verbindungen 41. 268
- —— ——, Literatur 2
- Origanum vulgare 344
- Orkan 495
- Orseille 342
- Orthit 217 (2)
- Orthoklas 522
- Os = Osmium 34
- $\bar{Os}$ = 2 Atome Osmium
- $\dot{Os}$ = Osmiumoxydul
- $\dddot{\bar{Os}}$ = Osmiumsesquioxydul
- $\ddot{Os}$ = Osmiumoxyd
- $\ddddot{Os}$ = Osmiumsäure
- Os' = Einfachschwefelosmium
- Os'' = Zweifachschwefelosm.
- Os''' = Dreifachschwefelosm.
- Os'''' = Vierfachschwefelosm.
- Osmium 12. 13
- Ostwind 496
- Oxalate 282
- Oxalicum acidum 281
- Oxalis —
- Oxalsäure —

Seite

- Oxalsaures Ammoniak 282
- —— Kali —
- Oxalsaure Salze —
- Oxychloride 52
- Oxyd 49
- Oxydation 88. 103. 172
- Oxyd, Bi- 49
- Oxyde 171
- ——, Nomenclatur 49
- Oxyd, Hyp- —
- ——, Hyper- —
- Oxydirte Salzsäure = Chlor 139
- Oxyd, Per- 49. 50
- ——, Prot- —
- ——, Sesqui- 49
- ——, Sub- —
- ——, Trit- 50
- ——, Über- 49
- ——, Unter- —
- Oxydul —
- ——, Hyper- —
- ——, Sesqui- —
- ——, Sub- —
- Oxygenium 102
- Oxysulphurete 52
- P = Phosphor 131
- $\bar{P}$ = 2 Atome Phosphor
- $\dot{\bar{P}}$ = unterphosphorige Säure
- $\dddot{\bar{P}}$ = phosphorige Säure 132
- $\bar{P}$ (5 Punkte) = Phosphorsäure 133
- Palladium 12. 13
- Papaver Rhoeas, Bestandtheile, nähere 435
- Papier, Curcuma- 341
- ——, Filtrir- 95
- ——, Joseph- —
- ——, Lackmus- 343
- Papin'scher Digestor 74
- —— Topf —
- Pappelblätter, Aschenbestandtheile 385. 386
- Pappelholz, Aschenbest. —
- Pappelrinde, Aschenbest. —
- Pappelrindenbitter = Populin 333
- Pappelrinde, Gerbstoffgeh. 289
- Paraffin 378
- Paraphosphorsäure 133
- Paraweinsäure 284
- Pariserblau 262
- Paris quadrifolia 350
- Passatwinde 495
- Passauer Tiegel 89
- Passivität der Metalle 161
- Paulit 217
- Pd = Palladiun 34

Seite

- $\bar{Pd}$ = 2 Atome Palladium
- $\dot{\bar{Pd}}$ = Palladiumsuboxyd
- $\dot{Pd}$ = Palladiumoxydul
- $\ddot{Pd}$ = Palladiumoxyd
- Pd' = Schwefelpalladium
- Pech 376. 378. 644. 656
- Pech, Brauer- = schwarzes P. 645. —
- ——, braunes —
- ——, Burgunder- 657
- ——, gelbes —
- ——, gewöhnliches 656
- —— grieven -
- —— ofen 643
- —— öl 644
- ——, Schiff- 645
- ——, Schuster- = schwarzes P. 645. 656
- ——, schwarzes 645. —
- —— sieberei —
- —— stein 216
- ——, weißes 644. 657
- Pektin 314
- Pektinsäure 314
- Pendelprobe 230
- Pentathionsäure 127
- Percha, Gutta 331
- Perchlorid 51
- Perlasche 667
- Perlen der Flüssigkeiten 19
- Perlsand 557
- Perlstein 216
- Peroxyd 49. 50
- Persio 342
- Persulphuret 181
- Petalit 217
- Petersilienöl 322
- Petrographie 500. 521
- Pfahl, Quandel- 626
- Pfeffermünzöl 323
- Pfefferöl 322
- Pfeifenerde 534
- Pflanzenalbumin 351. 352
- Pflanzenalkali = Kali 221
- Pflanzenalkalien 299
- Pflanzenanalyse in nähere Bestandtheile 443
- —— analyse, elementare 271
- Pflanzenanalysen, Literatur 2
- Pflanzenbasen 270. 299
- Pflanzen, Bestandtheile, anorganische 385. 390
- —— ——, elementare 381
- —— ——, feste 393
- —— ——, flüssige —
- —— ——, nähere 392

Seite

Pflanzen, Bestandtheile, nähere, Uebersicht der 442
—— ——, organische 393
—— —— unwesentliche 392
—— —— wesentliche —
—— caseïn 351. 353
—— chemie 381
—— eiweißstoff 352
——, Elementarbestandtheile 381
——, Entstehung 447
——, Ernährung 453
—— ——, Literatur 4
——, Excremente 457. 462
—— faser 300
—— fibrin 351. 354
——, Grundbestandtheile 381
——, Kieselerdegehalt 136. 391
Pflanzenkörper, indifferente 300
——, Krankheiten 486
——, Lebensprozeß 447
——, leim 354 (2)
——, Luft, die ihnen zuträgliche 463
—— nahrung 454
——nahrung, anorganische —
——nahrung, organische 455
——nahrung, Ursprung 454
——physiologie, Literatur 4
—— säfte 393
——säfte zuckerhaltige, Bearbeitung der 671
——säuren 276
—— schleim 314
—— skelet 300
—— stoffe, Bestimmung des Wassergehaltes 444
——stoffe eiweißartige 351
——stoffe, indifferente 300
——, Ursprung ihres Kohlenstoffs 464
—— —— —— Phosphors 477
—— —— ——Sauerstoffs 464
—— —— —— Schwefels 477
—— —— —— Stickstoffs 474
—— —— —— Wasserstoffs 464
——, Humus liefernde 601
—— wachs 320
—— wachsthum 453
—— wachsthum, Literatur 4

Seite

Pflanzen, Wirkung der Alkalien auf 460
—— —— der Gifte auf 459
—— —— der Säuren auf —
——, Zusammensetzung, chemische 392
—— —— ——, Überblick 442
Pflaumenkernöl 319. 678 (2)
Phaseolus vulgaris, Bestandtheile s. Bohne 385. 389
—— ——, Samen, Aschenbestandtheile —
—— ——, Raabs Beobachtung an 468
Phellandrium aquat., Samen, Bestandtheile, nähere 441
Phenakit 217
Phiole 73
Phlegma = das Wasser einer sauren oder geistigen Flüssigkeit.
Phlobaphen 345
Phlogistisches System 103
Phlogistisirte Luft = Stickluft 110
—— Salzsäure = gewöhnliche Salzsäure 140
Phlogiston 103
Phlorrhizeïn 334
Phlorrhizin —
Phosphate 134. (2) 213
Phosphat, Eisenoxyd- = phosphors. E. 259
——, Eisenoxydul- = phosphorsaures E. 258
——, Kalkerde- = phosphorsaure K. 246. 538
Phosphor 131
——, Allotropie 132
——, Bestimmung bei org. Analysen 274
——gas = Phosphorwasserstoff 134
Phosphorige Säure 132
Phosphorit 213. 246
Phosphorluft = Phosphorwasserstoff 134
Phosphorochalcit 213
Phosphorsäure 133
——, Arten der —
Phosphorsäure a —
—— b —
—— c 134
Phosphorsaures Eisenoxyd 259
—— Eisenoxydul 258

Seite

Phosphorsäure, gewöhnliche 134
Phosphorsaure Kalkerde 246. 538
Phosphorsäure, Meta- 133
——, Modificationen der —
——, Para- —
——, Pyro- —
Phosphorsaure Salze 134. (2) 213
Phosphor, Ursprung in Pflanzen 477
—— verbindungen 133
—— wasserstoff 134
Phtorine = Fluor 143
Phyole 73
Physik, Literatur 5
Physiologie, Literatur 4
Physische Eigenschaften 10
Phytochemie 10. 381
——, Literatur s. Pflanzenchemie 4
Pickharz 658
Picrinsalpetersäure 347
Picrolichenin 335
Picrosmin 217 (2)
Pigmente 337
Pikrinsalpetersäure 347
Pikrolichenin 335
Pikrosmin 217 (2)
Pincette, Löthrohr- 71
Pininsäure 326
Pinus abies, Öl d. Nadeln 322
—— —— Pollen, Bestandtheile, nähere 435
—— Larix, Holz, Aschenbestandtheile 387
—— picea, Holz, Aschenbestandtheile 387
—— —— ——, Bestandtheile, nähere 398
—— sylvestris, Holz, Aschenbestandtheile 387
—— ——, Pollen, Bestandtheile, nähere 435
—— ——, Rinde, Bestandtheile, nähere 429
Pistill 54
Plastischer Thon s. bildsamer Th. 533. 534
Platin 12. 13
—— blech 71
—— draht —
—— erz 169
—— feuerzeug 108
—— gefäße 71. 81. 90. 129. 143
——, katalytische Kraft 149
—— löffel 71
—— retorten 81
—— schalen 75

Seite
Platinspatel 56
——tiegel 90
——zündmaschine 108
Pleonast 219
Pneumatische Wanne 83
Pollen, Bestandtheile, nähere 435
——, Fichten-, Bestandtheile, nähere —
Pollenin 436
Pollen, **Pinus abies**, Bestandtheile, nähere 435
——, **Pinus sylvestris**, Bestandtheile, nähere —
——, Rothtannen-, Bestandtheile, nähere —
Pollux 522
Polychrom 333
Polymerie 39
Polypodium Filix mas, 350
Pomeranzenblütenöl 322
Pomeranzenschalenöl —
Populin 333
Populus nigra, Blätter, Aschenbestandtheile 385. 386
————, Holz, Aschenbestandtheile —
————, Rinde, Aschenbestandtheile —
Porphyr 525
Porphyrboden —
Porphyrplatte 54
Porzellanabdampfschalen 75
Porzellankitt 92
Porzellanmörser s. Solutionsmörser 56
Porzellanreibschalen 54
Porzellanretorten 81
Porzellanschmelztiegel 90
Porzellanspatel 56
Porzellantiegel 534
Porzellantrichter 96
Pottasche 223. 661
——, als Bodenbestandtheil s. kohlens. Kali 540
——, amerikanische 667
——, Calcination 665
——, Danziger 667
——, Eigenschaften —
——, Gehalt verschiedener Sorten 668
——, Gehalt verschiedener Vegetabilien an 662
Pottaschenfluß 665
Pottasche, nordamerikanische 667
Pottaschensiederei 661
Pottasche, Prüf. a. Soda 670
——, —— nach Decroizilles 667

Seite
Pottasche, Prüfung nach Fresenius und Will 669
——, rohe 665
——, russische 667
Pottassium = Kalium 221
Präcipitat 62
Präcipitiren —
Prädisponirende Verwandtschaft 15
Präparate, chemische = künstlich dargestellte chemische Verbindungen
Präparirstein s. Platte 54
Pr, Prussin nach Graham = Cyan
Prehnit 217 (2)
Presse 98
Preußische Säure = Cyanwasserstoff 144
Primärer Boden 516. 517
Probe, hydrostatische
——, Pendel- 230
——, Stangen- —
——, Pulver- 231
——mörser 230
——schlemmen des Bodens 593
Probirgläser 64
Proportionen, einfache und multiple 27
Proportionenlehre, chemische 26
Proteïn 351
Proteïnschwefelsäure 352
Proteïntheorie 351
Proteïnverbindungen —
Protosulphuret 181
Protoxyd 50
Prozeß, chemischer 17. 18
————, Beendigung des 93
————, Einleitung des 61
————, Feuererscheinung beim 18
————, Vorbereitung des 54
————, Wärmeentwicklung beim 18
Prunus Padus, Blüten, Bestandtheile, nähere 435
Psilomelan 171. 263
Pt = Platin 34
$\dot{Pt}$ = Platinoxydul
$\ddot{Pt}$ = Platinoxyd
$\overset{,}{Pt}$ = Einfachschwefelplatin
$\overset{,,}{Pt}$ = Zweifachschwefelplatin

Seite
Püllnaer Wasser 248
Pulver s. Schießpulver
Pulverisiren 54. 89
Purpur, Indig- 347
Putzen d. Gefäße s. Reinigen 99
Pyknit 217 (2)
Pyrallolith 217
Pyrmonter Wasser 122
Pyrogallussäure 293
Pyrolusit 171. 263
Pyrop 217
Pyrophosphorsäure 133
Pyrosmalith 202. 217
Pyrotraubensäure s. Brenztr. 283
Pyroweinsäure s. Brenzw. —
Pyroxylin 301
Pyrrhol 379
Pyrus Amelanchier, Holz, Aschenbestandtheile 387
—— **aria**, 350
Quadersandstein 531
Quadrisulphuret 181
Qualitative Analyse = Prüfung der chemischen Beschaffenheit mit Reagentien
Quandel 626
Quandelkohlen 633
Quandelpfahl 626
Quandelstange —
Quantitative Analyse = Scheidung der Bestandtheile zur Bestimmung ihrer Quantität
Quarz 136. 522
Quarzporphyre 525
Quarzsand 558
Quarzsandstein 531
Quarzsandsteinboden —
Quaternäre Verbindungen 40
Quecksilber 12. 13
Quecksilberchlorid gegen Holzfäulniß 609
Quecksilberhornerz 202
Quecksilbermetall 168
Quecksilberoxyd, knallsaures 144
Quecksilbersublimat gegen Holzfäulniß 609
Quecksilberwanne, pneumatische 84
Quellenliteratur, chemische 1
Quelliger Boden 520
Quellsand 557
Quellsatzsäure 373
Quellsatzsaure Salze 374
Quellsäure 372
Quellsaure Salze 373

Seite
Quellwasser 109
Quercitannicum acidum 291
Quickbrei 168
Quittenkern, Aschenbestandtheile 389
Quittenschleim 314
$\bar{Q}t$ } = Eisengerbsäure 291
$q\bar{T}$ }
$\overset{+}{Q}u$ = Chinin 300

R = Rh = Rhodium 34
$\bar{R}$ = 2 Atome Rhodium
$\dot{R}$ = Rhodiumoxydul
$\dddot{R}$ = Rhodiumoxyd
Radical 41. 270
Radicale, anorganische — —
——, binäre —
——, organische —
——, quaternäre —
Radicalessig 278
Radicale, ternäre 270
Rainfarrn, Aschenbestandtheile 386
Rainweide, Bestandtheile, nähere 429
Ranzigwerden der Fette 319
Raseneisenstein 213. 258
Raspeln 55
Rauch 105
Räucherung gegen Holzfäulniß 609
Rauchkammer 658
Rauhdach der Kohlenmeiler 630 (2)
Räume der Kohlenmeiler 631
Rautenöl 323
Reaction 62. 63
——, alkalische —
——, basische = alkalische —
Reactionen auf nassem Wege 64
—— auf trocknem Wege —
Reaction, saure 62
Reactionspapier = Curcuma- und Lackmusp. 341. 343
Reagens 63
Reagentienlehre, Literatur 2
Reagircylinder 64
Reagiren 62
Reagirgläser 64
Reagirröhren —
Realgar 182
Real'sche Presse 58
Recipient 78

Seite
Rectification 82
Reduction 88. 103. 107. 146. 198. 234
—— auf nassem Wege 146
—— auf trocknem Wege —
Refrigerator = Kühlfaß od. Kühlapparat 79. 80
Regen 488
Regenwasser 109
Reguliniscbes Metall 145
Regulus metalli —
Reibkeule 54
Reibplatte 54. 56
Reibschale 54
Reif 488
Reihe, elektrochemische der Elemente 13
Reinigen der Gefäße 99
Reißblei = Graphit 120
Rektification 82
Repsöl 319. 678 (2) 679
Reseda luteola 339
Respirable Luft = Sauerstoff 102
Retorten 80
——, Blei- 81. 143
——, eiserne 81. 91. 376
——beschläge 92
——halter 81. 98
——, Glas- 80
——, Platin- 81
——, Porzellan- —
——, Thon- —
—— zum Theerschwelen 645
Reverberiren = im Reverberirofen, od. in freiem Flammfeuer erhitzen
Reverberirofen 67. 666
Rh s. R
Rhamnusgelb 339. 345
Rhamnusgrün —
Rhamnusroth 345. 350
Rhodium 12. 13
Rhodonit 515
Ribes grossularia, Beeren, Bestandtheile, nähere 440
Ricinusöl 319. 678 (2)
Rinde, Aschenbestandtheile, 385 (2) 386 (2) 387
——, Bestandtheile, nähere 429. 442
Rindenroth = Phlobaphen 345
Rindsblase z. Weingeistentwässerung 368
Ringe, Filtrir- 99
——, Koch- 98
Ringelblume, Bestandtheile, nähere 434

Seite
Robiniagelb 340
Roccella tinctoria 342
Roccellsäure —
Roggensamen, Aschenbestandtheile 388
——, Bestandtheile, nähere 439
Roggenstroh, Aschenbestandtheile 387
Roheisen, graues 253
——, weißes —
Rohpottasche 665
Röhrenofen 68
Röhre, Sicherheits- 81
——, Welther'sche 81. 82
Rohrzucker 315
Rohschwefel 126
Rohstahl 254
Rohzucker 315
Rollsteine 557
Rosenfrüchte, Bestandtheile, nähere 438
Rose's Metallegirung 171
Roßkastanien, Aschenbestandtheile 386. 388
——, Bestandtheile, nähere 438
——öl 678
——, Rinde, Gerbstoffgehalt 290
Rost 158
——, Schutz gegen 166. 255. 328
Röstbitter 87. 375
Rost der Kohlenmeiler 626
—— der Theerofen 644
Rosten der Metalle 158. 255
Rösten 87. 375
Rost, Wurzel 565
Roth, Ampfer- 344
——, Blatt- —
——, Blüten- —
——, Brennnessel- —
——buche s. Buche
——, Cochenille- 341
——, Dosten- 344
Rotheisenerz 171
Rothe Farbstoffe 341
Rothes Lackmuspapier 343
Roth, Feldmohn- 344
——, Flechten- 342
——, Früchten- 345
Rothgiltigerz, dunkles 182
——, lichtes —
Rothglühhitze, Grade der 87
Roth, Hypericum- 344
—— Indigo- 346
——kohle 651
——kupfererz 172
——, Labkraut- 343

Seite
Roth, Lackmus- 343
—liegendes 504
—manganerz 265
—, Mohn- 344
—, Rinden- = Phlobaphen 345
—tannensamenöl 319. 677
Rothzinkerz 171
Ru = Ruthenium
Ruchgras 324
Rubin 250
Rubinglimmer 258
Rubinschwefel = Realgar 182
Rübsenöl 678. 679
Rumex acetosa 344
— **acetosella** —
Ruß 658
Rußbrennerei —
Rußöl = Birkentheer 379
Rüstung der Kohlenmeiler 630
Ruthenium 12
Rutil 172
Rutilin 334 (2)

S = Schwefel 125
$\bar{S}$ = 2 Atome Schwefel
$\ddot{S}$ = schwefelige Säure 127
$\ddot{\bar{S}}$ = unterschwefelige Säure —
$\dddot{S}$ = Schwefelsäure 128
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{S}}$ = Unterschwefelsäure 127
$\bar{S}$ = Bernsteinsäure 287
Sächsische Schwefelsäure 130
Sächsisches Vitriolöl —
Sadebaumöl 322
Saffloröl 678
Saft, Absonderungs- 394. 395
Saftgehalt des Holzes —
Säfte, Milch- 328. 396
—, Pflanzen- 393
Saftgrün 350
Saft, Nahrungs- 394 (2)
— —, roher 394
—, Zell- —
Saidschitzer Wasser 248
Salep 314
Salicin 334
Salicetin —
Salmiak 241
Salmiakgeist 239
Salmiak, fixer = das bei der Bereitung des Salmiakgeistes zurückbleibende Chlorcalcium
Salpeter 212. 224

Seite
Salpeter, Chili- = salpetersaures Natron 237
—, cubischer = salpetersaures Natron —
—, feuerbeständiger = kohlensaures Kali, erhalten durch Verpuffen von Salpeter mit Kohle
—, fixer = feuerbeständiger
—, flammender = salpetersaures Ammoniak 241
—gas 116
— gegen Holzfäule 608
—geist = verdünnte Salpetersäure
—, Kali- 224
—, Kalk- = salpetersaurer Kalk —
—, Kehr- —
—, kubischer = salpetersaures Natron 237
—luft 116
—, Mauer- s. Mauersalpeter
—, Natron- 237
—, Peru- = salpetersaures Natron —
—, prismatischer = salpetersaures Kali 224
Salpetersalzsäure = Königswasser 141
Salpetersäure 117
— aus Ammoniak —
— Bestimmung im Boden 588
—, Entstehung 117
—, Picrin- 347
—plantage 224
—, rauchende = erstes Hydrat der Säure 119
—, rothe, rauchende 120
Salpetersaure Salze 119. 212
Salpetersaures Ammoniak 241
Salpetersaurer Baryt 243
Salpetersaures Kali 224
Salpetersaurer Kalk —
Salpetersaures Natron 237
Salpetersäure, Umwandlung in Ammoniak 118
—, Unter- 120
Salpeter, Südsee- = salpetersaures Natron 237
—, Würfel- = salpetersaures Natron 116
Salpetrige Säure —

Seite
Salz 12. 45. 46
—bilder 44. 138
—, Bitter- 248
—boden 538
Salze, Alaunerde- 250
—, alkalische 45. 46
— als Bodenbestandtheile 538
—, ameisensaure 280
—, Ammoniak- 240
—, Amphid- 46
—, äpfelsaure 286
—, Baryt- 242
—, basische 48
—, benzoësaure 288
—, bernsteinsaure 287
—, Bittererde- 247
—, borarsaure 215
—, borsaure —
—, buttersaure 363
—, Chlor- = Chlorete 202
—, citronensaure 285
—, Cyan- = Cyanmetalle 206
—, Decrepitiren 63. 77. 88
— des Bodens 538
—, doppelbasische 48
—, Doppel- —
—, dreifachbasische —
—, dreifache —
—, einfachbasische —
—, einfache —
—, eigentliche 46
—, Eisen- 256
— Eisen-, als Bodenbestandtheile 539
—, Eisenhaloid- 260
—, Eisenoxyd- 259
—, Eisenoxydul- 256
—, erdige 47
—, essigsaure 278
—, Fatisciren der = Verwittern 77
—, Fluor- 143. 205
—, gallussaure 297
—, gerbsaure 294
—, giftige 191
—, halbbasische 48
—, Haloid- 46. 202
—, humussaure 371
—, Jod- = Jodmetalle 143. 204
—, Kali- 223
—, Kalk- 244
—, kieselsaure 216
—, kleesaure 282
—, kohlensaure 208
—, Laugen- 45
—, luftbeständige 77
—, Magnesia- 247
— Manganoxydul- 265

Seite

Salze, Metall= 46. 185
—— ——, Auflöslichk. 188
—— ——, Darstellung 185
—— ——, Erkennung 184
—— ——, Farbe 187
—— ——, Flüchtigkeit 194
—— ——, Form 186
—— ——, Geruch 191
—— ——, Geschmack 190
—— ——, Krystallform 186
—— ——, Krystallw. 192
—— ——, Nutzen 202
—— ——, Schmelzbark. 193
—— ——, Veränderung an der Luft 192
—— ——, Verhalten, chemisches —
—— —— Verhalten gegenseitiges 197
—— —— Verhalten zu Basen 194
—— —— Verhalten zu Chlor 197
—— —— Verhalten zu Kohlenstoff —
—— —— Verhalten zu organischen Stoffen 198
—— —— Verhalten zu Phosphor 197
—— —— Verhalten zu Säuren 194
—— —— Verhalten zu Schwefel 197
—— —— Verhalten zu Wasserstoff —
—— ——, Verwitterung 192
—— ——, Vorkommen 185
—— ——, Wichtigkeit 202
—— ——, Wirkung auf Thiere 191
—— ——, Wirkung, physiologische —
——, milchsaure 363
——, Mittel= 46
——, Natron= 235
——, Neutral= 47
——, Nomenclatur der 51
——, Normal= 47
——, oxalsaure 282
——, phosphorsaure 134. 213
Salz, Epsomer= 248
Salze, quellsatzsaure 374
——, quellsaure 373
——, salpetersaure 119. 212
——, salzsaure = Chlormetalle 202
——, sauerkleesaure 282
——, saure 45. 47
——, Schwefel= 46
——, schwefelsaure 130. 209

Seite

Salze, schwefelsaure gegen Holzfäulniß 608
——, schwefligsaure 128
——, Selen= 46
——, Talkerde= 247
——, Tellur= 46
——, Thonerde= 250
——, thonsaure 219
——, Tripel= 48
——, ulminsaure s. Ulmate 372
——, Untersuchung 198
——, Verknistern der 63. 77. 88
——, Verwittern 77
——, vierfachbasische 48
——, weinsaure 283
——, weinsteinsaure —
——, Wirkung auf die Vegetation 539
——, Zerfließen 77
——, zitronensaure 285
——, Zusammensetzung, Davy's Ansicht über 277
——, zweifachbasische 48
——, Zwillings= —
Salzgeist = Salzsäure 140
Salz, gemeines = Chlornatrium 238
——, Glauber= 236
——haut 76
——, Hirschhorn= = brandölhaltiges kohlensaures Ammoniak
——, Knister= 238
——, Koch= —
——mutterlauge 76
——, Sauerklee= 282
Salzsäure 140
—— als Bodenbestandtheil 540
Salzsaures Ammoniak = Chlorammonium 241
Salzsaurer Baryt = Chlorbaryum 243
Salzsaure Bittererde = Chlormagnesium 249
—— —— gegen Holzfäulniß 608
Salzsäure, dephlogistisirte = Chlor 139
Salzsaures Eisenoxyd = Eisenchlorid 260
Salzsaurer Kalk = Chlorcalcium 246
—— —— gegen Holzfäulniß 608
Salzsaure Magnesia = Chlormagnesium 249
Salzsaures Manganoxydul = Manganchlorür 267

Seite

Salzsaures Natron = Chlornatrium 238
Salzsäure, oxydirte = Chlor 139
——, oxygenirte = Chlor —
——, phlogistisirte = gewöhnliche Salzsäure 140
Salzsaure Salze = Chlormetalle 202
—— Talkerde = Chlormagnesium 249
Salzsäure, Verhalten zu Metallen 160
Salz, Sedativ= = Borsäure 135
——, See= = Chlornatrium 238
——, Stein= = Chlornatrium —
——, Weinstein= = kohlensaures Kali 223
—— ——, wesentliches = Weinsteinsäure 282
Samen, Aschenbestandtheile 399
——, Bestandtheile, nähere 437. 442
——erzeugung 448
——, Gewicht, specif. 441
Samenstaub 435
Sand als Bodenbestandtheil 556. 557
Sandarach, deutscher 328
Sandbad 72
Sandboden 532. 559. 565. 590. 593
——, Arten des 560
——, lehmiger 561
——, Meeres= 560
——, mergeliger 561. 566
——, schlechter —
Sand, Einfluß auf Bodenbeschaffenheit 558
——, feiner 557
——, Flug= —
——, grober —
——, Kalk= 558
——kapelle 72
——, Mahl= 557
——, Mehl= —
——mergel 534
——, Perl= 557
——, Quarz= 558
——, Quell= 557
Sandstein 531
——, älterer 527
—— ——, Boden des —
——, bunter 531
——, Kohlen= —
——, Quader= —

Seite
Sand, Verhalten zur Elektricität 554
—— zusammengesetzter Gesteine 558
Saponification = Verseifung 318
Saponin 336
Saponinsäure 337
Saffolin 135
Sättigen 25. 57
Sättigungscapacität 25
Sättigungsvermögen —
—— der organischen Säuren 277
Saturiren = Sättigen 25. 57
Satzmehl 307
Sauerdornwurzel, Bestandtheile, nähere 399
Sauerklee s. Oxalis 281
Sauerkleesalz 282
Sauerkleesäure 281
Sauerkleesaures Ammoniak 282
—— Kali —
—— Salze —
Säuerlinge 122
Sauerstoff 102
Sauerstoffbestimmung bei organ. Analysen 272
Sauerstoffsäuren 42 (2)
Sauerstoffverbindungen 49
Säure 41. 42. 51
——, Acetyl- 278
——, Acker- 375
——, Aconit- 285
——, Ameisen- 279
——, Amygdalin- 336
——, Äpfel- 285
——, Benzoë- 288
——, Berlinerblau- = Cyanwasserstoffsäure 144
——, Bernstein- 287
——, Bitter- 347
——, Blau- 144
——, Bor- 135
——, Borax- —
——, Brenzgallus- = Pyrogallus 293
——, Brenztrauben- 283
——, Brenzwein- —
——, Butter- 320. 363
——, Catechugerb- 294
——, Chlor- 140
——, chlorige —
——, Chlorwasserstoff- —
——, Citronen- 284
——, Colophon- 328
——, Cyan- 144
——, Cyanwasserstoff- —
——, Dithion- 127

Seite
Säure, Eichengerb- 291
——, Elaïn- 319
——, Ellag- 293
——, Equiset- 285
——, Essig- 278
——, Fett- = Elaïn-Margarinsäure rc. 319
——, Fluorwasserstoff- 143
——, Fluß- —
——, Fumar- 286
——, Gallus- 296
——, Gallusgerb- 292
——, Geïn- 374
——, Gerb- 289
——, Humus- 370
——, Hydrochlor- 140
——, Hydrocyan- = Blausäure 144
——, Hydrofluor- = Flußsäure 143
——, Hydrojod- —
——, Hydrothion- 130
——, Indigblauschwefel- 347
——, Indigblauunterschwefel- —
——, Jod- 143
——, Jodwasserstoff- —
——, Kiesel- 136
——, Kieselfluß- 144
——, Kinogerb- 294
——kitt 92
——, Klee- 281
——, Knall- 144
——, Kochsalz- = Chlorwasserstoffsäure 140
——, Kohlen- 122
————, Bestimmung im Boden 588
——, Kohlenstickstoff- 347
——, Luft- = Kohlensäure 122
——, Maleïn- 286
——, Margarin- 319
——, Meersalz- = Chlorwasserstoffsäure 140
——, Metagallus- 293
——, Metaphosphor- 133
——, Monothion- 127
——, Myron- 355. 356
Säuren, Äther- 380
Säuren als Bodenbestandtheile 540
——, anorganische 41. 277
——, anorganische, Ermittelung 200
——bilder 44
——, Davy's Ansicht über ihre Zusammensetzung 277

Seite
Säuren des Bodens 540
—— der Metalle 42
—— der Nichtmetalle —
—— des Schwefels 42. 44. 127. 181
——des Selens 42. 44
—— des Tellurs — —
——, dreibasige 45
——, einbasige 44
——, feuerbeständige = Phosphor-, Bor- und Kieselsäure
——, fixe = feuerbeständige
——, Metall- 42
—— mit einfachem Radical —
—— mit zusammengesetztem Radical —
——, Mineral- = anorganische Säuren 41
——, organische 276
—— ——, Entstehung 463
—— ——, Ermittlung 201
—— ——, Zweck, natürlicher 470
——, Pflanzen- 278
——, Sättigungscapacität 25
——, Sauerstoff- 42
——, Schwefel- 42. 44. 127. 181
——, Selen- 42. 44
——, Tellur- — —
——, Verhalten zu Metallen 159
——, Verwandtschaftstafel auf nassem Wege 194
——, Verwandtschaftstafel auf trocknem Wege 198
——, Wasserstoff- 42. 43
——, Wirkung auf Pflanzen 459
——, zweibasige 44
——, Zusammensetzung, Davy's Ansicht über 277
Säure, Öl- = Oleïnsäure 319
——, Önanth- 362
——, Oleïn- 319
——, Paraphosphor- 133
——, Parawein- 284
——, Pektin- 314
——, Pentathion- 127
——, Phosphor- 133
——, phosphorige 132
——, Pikrinsalpeter- 347
——, Pinin- 326
——, preußische = Cyanwasserstoffsäure 144

Seite

Säure, Proteïnschwefel- 352
——, Pyrogallus- 293
——, Pyrophosphor- 133
——, Pyrotrauben- s. Brenztraubens. 293
——, Pyrowein- s. Brenzw. —
——, Quell- 372
——, Quellsatz- 373
Saure Reaction 62
Säure, Roccell- 342
——, Salpeter- 117
——, Salpeter-, Bestimmung im Boden 588
——, salpetrige 116. 120
——, Salz- 140
—— Salz-, dephlogistisirte = Chlor 139
Saure Salze 47
Säure, Salz-, oxydirte = Chlor 139
Säure, Saponin- 337
——, Sauerklee- 281
——, Schwefel- 128
—— Schwefel-, Bestimmung im Boden 589
—— —— gegen Holzfäulniß 608
——, Schwefelwasserstoff- 130
——, schweflige 127
—— ——, von ihr gebleichte Farbstoffe 338
——, Seesalz- = Chlorwasserstoffsäure 140
——, Spier- = Äpfels. 285
——, stärkste = Schwefelsäure auf nassem und Kieselsäure auf trocknem Wege
——, Stearin- 319
——, Steinsalz- 140
——, Succinylsäure 287
——, Sullag- = Ellag- 293
——, Sylvin- 326
——, Talg-, = Stearins. 319
——, Tannin- = Gerbs. 289
——, Tartryl- 282
——, Tetrathion- 127
——, Torf- 374
——, Trauben- 284
——, Trithion- 127
——, Über- 49. 50
——, Überchlor- 140
——, Ulmin- 372
——, Untersalpeter- 120
——, unterchlorige 140
——, Unterschwefel- 127
——, unterschweflige —

Säure, Vogesen- = Traubens. 284
——, Wein- 282
——, Weinstein- —
Saure Wetter 122
Säure, Zimmet- 288
——, Zitronen- 284
——, Zuckerschwefel- 313
Sb = Antimon 33
$\underset{..}{Sb}$ = 2 Atome Antimon
$\dddot{Sb}$ = Antimonoxyd od. antimonige Säure
$\overset{:::}{Sb}$ = Antimonsäure
$\overset{'''}{Sb}$ = Anderthalbschwefelantimon
$\overset{''''}{\underset{..}{Sb}}$ = Dritthalbschwefelantimon
$\underset{..}{Sc}$ = Bernsteinsäure 287
Scaptin 433
Scirpus lacustris, Aschenbestandtheile 388
Scolezit 217
Schalen, Platin- 75. 90
——, Porzellan- 75
——, Silber- —
Schaumkalk 244
Schafgarbe 333
Schamkrautöl 678
Schartengelb 340
Scheele's Süß = Glycerin 318
Scheelium = Wolfram 12. 13
Scheidetrichter 94
Scheidewasser 117. 118. 120
Scheidung, chemische = Analyse
Schemel 99
Scheuern d. Gefäße s. Reinigen —
Schießbaumwolle 301
——, Literatur 6. 307
Schießfaser 301
Schießpulver 225
——, Abbrennen, Erklärung des 227
——, Analyse 231
——, Darstellung 225
——, Glätten, Zweck des 229
——, Körnen 225. 228
—— ——, Zweck des —
——, Literatur 6
——probe 230
——, Sprengen mit 227
——, Stärke des 230
——, Untersuchung 231
Schießwolle 301

Schillerstoff 333
Schiffpech 645
Schittgelb 339. 340
Schlacke 37
Schlagen der Meiler 632 (2)
Schlagende Wetter 124
Schlamm 366. 518. 590
Schleim s. Pflanzenschleim 314
Schleimgährung 362
Schleimzucker 315
Schlemmen 55
——, Probe- des Bodens 593
Schlichten der Meiler 629
Schmack 292
Schmelz 193
Schmelzen 80
Schmelzofen 68
Schmelzstahl 254
Schmelztiegel 89
——, Ausfüttern der 90
——, eiserne —
——, Graphit- 89
——, gußeiserne 90
——, hessische 89
——, Ipser —
——, irdene —
——, Kohlen- —
——, Metall- 90
——, Platin- —
——, Porzellan- —
——, schmiedeeiserne —
——, Silber- —
——, Thon- 89
——, Ypser- —
Schmiedbare Metalle 151
Schmiedeeiserne Tiegel 90
Schmiedeeisen, Unterscheidung von Guß- und Stahl 255
Schmiedesinter 260
Schmirgel 171. 250
Schnee 488
Schneidemesser 55
Schnellessigfabrikation 365
Schnittkohlöl 678
Schollerde 590
Schönen = Klären 98
Schrifterz 169
Schusterpech = schwarzes Pech 645. 656
Schüttgelb s. Schittgelb 339. 340
Schwaden, Berg- = Sumpfgas 124
——, feurige —
——, milde = Kohlensäure 122
Schwämme, Athmungsprozeß 463

Seite

Schwammzucker 317
Schwängern 57
Schwänkbürste 99
Schwartz's Verkohlungsofen 655
Schwarzbleierz 208
Schwarzdornrinde, Gerbstoffgehalt 290
Schwarzmachen der Meiler 630
Schwarzspießglanzerz 182
Schwefel 125
Schwefelalkohol 131
Schwefel, Allotropie 126
Schwefelammonium 241
Schwefeläther 380
Schwefelbaryum 243
Schwefelbasen 51. 181
Schwefelbestimmung bei organischen Analysen 274
Schwefelblumen 126
Schwefeldampf = schweflige Säure 127
Schwefel, Einfluß auf Vegetation 131
Schwefeleisen, Anderthalb 263
Schwefeleisen, Doppelt- —
——, Einfach- 262
Schwefelkies 182. 263
——, Entstehung 466
Schwefelkohlenstoff 131
Schwefelleber 182
Schwefellebergas 130
Schwefelluft, stinkende = Schwefelwasserstoff —
Schwefelmetalle 181
Schwefelmangan 267
Schwefelmilch 126
Schwefelquellen 131
Schwefel, Roh- 126
——, Rubin- = Realgar 182
Schwefelsalze 46
Schwefelsäure 128
Schwefel als Bodenbestandtheil 540
Schwefelbad 73
Schwefelsäuren 44
Schwefelsaurer Baryt 243
Schwefelsäure, concentrirte 130
Schwefelsaures Eisenoxyd 210. 257
—— Eisenoxydul —
Schwefelsäure, englische 130
—— gegen Holzfäulniß 608
—— hydrate 129
——, Indigoblau- 347
Schwefelsaures Kali 223

Seite

Schwefelsaure Kalithonerde 252
—— Kalkerde 245
—— —— als Bodenbestandtheil 538
—— ——, Einfluß auf Vegetation 131
Schwefelsäuren 42. 44. 51. 127. 181
Schwefelsaures Natron 236
Schwefelsäure, Nordhäuser 130
Schwefelsaures Manganoxydul 265
—— —— gegen Holzfäulniß 608
Schwefelsäure, Proteïn- 352
——, rauchende 130
—— sächsische —
Schwefelsaure Salze 109. —
—— —— gegen Holzfäulniß 608
—— Thonerde 252
——, wasserfreie 129
Schwefelsäure, Zucker- 313
Schwefel, Stangen- 126
——, Ursprung in Pflanzen 477
Schwefelverbindungen 127
Schwefelwasser 110. 131. 466
——, Entstehung —
Schwefelwasserstoff 130
Schweflige Säure 127
Schweflige Säure, von ihr gebleichte Farbstoffe 338
Schwefligsaure Salze 128
Schweißbare Metalle 151
Schwererde = Baryt 242
Schwermetalle 155. 253
—— des Bodens 541
Schwerspath 243
Schwinden des Holzes 410
—— —— ——, Literatur 5
Schwitzen der Meiler 632
Scolezit 217
Scrupel 100
Secale cereale, Samen, Bestandtheile, nähere 439
Secundärer Boden 516
Secundäres Gebirge 505
Seebrücher 518. 520
Seesalz 238
Seesalzsäure = Chlorwasserstoffsäure 140
Seesumpfboden 518. 520
Sefström'scher Ofen 68
Segel der Kohlenhaufen 636
—— der liegenden Werke —

Seite

Seidelbastrinde, Bestandtheile, nähere 430
Seidschitzer Wasser 248
Seifenbildung 318
Seifen, Harz- 326
Seifenstein 249
Seihen 94
Seihtuch —
Selbstentzündung 106
Se = Selen 34
$\ddot{Se}$ = selenige Säure
$\dddot{Se}$ = Selensäure
$\overset{''}{Se}$ = Zweifachschwefelselen
$\overset{'''}{Se}$ = Dreifachschwefelselen
Selen 131
Selenide 44
Seleniete —
Selensalze 46
Selensäuren 42. 44
Selterser Wasser 122
Senecio Jacobaea 350
Senegalgummi 314
Senföl, fettes 678
Senföl, flüchtiges 324. 356
Senfsamen, Aschenbestandtheile 389
Serpentin 217. 249
Serpentinreibschalen 54
Sesquichlorid 51
Sesquioxyd 49
Sesquioxydul —
Sesquisulphurete 181
Sesleria coerulea, Aschenbestandtheile 389
Setzlöcher des Theerofens 644
Si = Silicium 136
$\dddot{Si}$ = Kieselsäure —
$\overset{'''}{Si}$ = Schwefelkiesel
Sicherheitslampe 105. 124
Sicherheitslaterne — —
Sicherheitsröhre 81. 82
Sideroschisolith 217
Sieben 54
Sieden s. Kochen 74
Silber 12. 13
Silberbäume 146
Silberhornerz 202
Silberkupferglanz 182
Silberschalen 75
Silberspatel 56
Silbertiegel 90
Silicat, Bittererde- s. kieselsaure Magnesia 249
Silicate 138. 216
Silicat, Eisenoxyd- s. kieselsaures E. 259

Seite

Silicat, Eisenoxydul- s. kieselsaures E. 258
——, Kali- s. kieselsaures K. 232
——, Magnesia- s. kieselsaure M. 249
——, Manganoxydul- s. kieselsaures M. 266
——, Natron- s. kieselsaures N. 237
——, Talkerde- s. kieselsaure Magnesia 249
——, Thonerde s. kieselsaure Th. 252
Silicium 136
Sillimannit 216
Sirop de Canada 672
Skaptin 433
Skelett der Pflanzen 136. 300. 393
Skolezit 217
Skrupel 100
Smaragd 217
Smirgel = Schmirgel 171. 250
Sn = Zinn 34
$\bar{Sn}$ = 2 Atome Zinn
$\dot{Sn}$ = Zinnoxydul
$\dddot{\bar{Sn}}$ = Zinnsesquioxydul
$\ddot{Sn}$ = Zinnoxyd oder Zinnsäure
$\acute{Sn}$ = Einfachschwefelzinn
$\overset{'''}{\bar{Sn}}$ = Anderthalbschwefelzinn
$\overset{''}{Sn}$ = Zweifachschwefelzinn
$\overset{+}{So}$ = Solanin 299
Soda 208. 235
—— als Bodenbestandtheil s. kohlensaures Natron 540
—— gegen Holzfäulniß 608
Sodalith 217
Soda, Prüfung 669
Sodium = Natrium 234
Solanin 299
Solanum tuberosum, Aschenbestandtheile 389
Solutio 62
Solutionsmörser 56
Sonnenblume, Aschenbestandtheile 386
Sonnenblumenkernöl 319. 678
Sorbus Aria, Holzaschenbestandtheile 387
Souchongthee, Gerbstoffgehalt 290

Spaniolitmin 342
Spanischfliegenkampher 323
Spatel 56
Spath, Arotomblei- 208
——, Bitter- 208. 249
——, Braun- —
——, Eisen- = Spatheisenstein 208. 253
——eisenstein — —
——, Mangan- 208
——, Schwer- 210. 243
——, Talk- 208
——, Ytter- 213
——, Zink- = edler Galmei 208
Speckstein 217. 249
Speiskobalt 169
Sperrwasser 84
Spinacia oleracea, Aschenbestandtheile 389
Spiräin 339
Sphärosiderit 208. 257
Sphen 48
Spiersäure = Äpfelsäure 285
Spinell 219
Spiritus = Weingeist 369
——lampe = Weingeistlampe 69
——, Terpentin- = Terpentinöl 322. 656
Spitzbeutel 95
Splint, doppelter des Holzes 429
Spodumen 217
Sprengen mit Pulver 227
Spritzflasche 97
Sprödglaserz 182
Sr = Strontium 243
$\dot{Sr}$ = Strontian oder Strontianerde
$\ddot{Sr}$ = Strontiumhyperoxyd
$\acute{Sr}$ = Schwefelstrontium
$\overset{+}{St}$ = Strychnin 300
Stabeisen 254
——, Unterscheidung von Gußeisen und Stahl 255
Stachelbeeren, Bestandtheile, nähere 440
Stahl 254
——, Anlassen —
——, Cäment-
——, Härten des —
——mörser 54
——, Roh- 254
——, Schmelz- —
——, Unterscheidung

von Guß- u. Schmiedeeisen 255
——wasser 208. 257
Stangenprobe 230
Stangenschwefel 126
Stärke 142. 307
Stärkmehl — —
——, Alant- 310
——, Cichorien- —
——, Flechten- —
——gehalt verschiedener Pflanzen 308
——, gemeines —
——, geröstetes 375
——gummi 311. 375. 379
——kleister 92. 309
——, Vorkommen 308. 397. 430. 436
——zucker 317. 379
Stative 98
Status nascens 21. 111
Stauberde 544. 547
Stearin 319
Stearinsäure —
Stearopten 321
Stechapfelblätter, Bestandtheile, nähere 432
Steine als Bodenbestandtheile 556. 557
——, Einfluß auf Bodenbeschaffenheit 558. 559
——, Roll- 557
Steinkitt 92
Steinkleekampher s. Melilotusk 323
Steinkohlen 367
——, Bildung —
—— ——, Literatur 8
——, Brennwerth, Literatur —
——, Entstehung 367
——gas = Leuchtgas 124
—— ——, Literatur 8
——gebirge 503
——theer gegen Holzfäulniß 609
——, Destillation, trockene 379
Steinmergel 534
Steinöl 322
Steinsalz 202. 238
Steinsalzsäure = Chlorwasserstoffsäure 140
Stibium 33
Stichtorf 366
Stickende Wetter 122
Stickgas = Stickstoff 110
Stickstoff —
Stickstoffbestimmung bei organischen Analysen 272
—— im Boden 584

Seite

Stickstoff, Chlor- 142
——, Jod- 143
Stickstoffoxyd 116
Stickstoffoxydul —
Stilbit 216
Stöchiometrie 25
——, Literatur 2. 3
Stoffe, amphotere 42
——, anorganische 41
——, einfache 12
——, fäulnißwidrige 357
—— —— für Holz 608
——, indifferente 42. 300
Stoff, leichtester 107
Stoffe, organische 41. 268
—— ——, Zersetzung an der Luft 356
—— ——, Zersetz. durch anorganische Säuren 379
—— —— ——, durch Wärme nebst Luft und Wasser 375
Stoßen 54
—— der Flüssigkeiten beim Kochen 72. 99
—— der Meiler 632 (2)
Strasburger Terpentin 327
Streunutzung, Einfluß auf Holzertrag 603
Streumaterialien, Aschenbestandtheile 385 (2) 386. 387
Streu, Wald- 595
—— ——, Bestandtheile 387. 596
s. auch Blätter
——, Wald-, Einfluß auf Holzertrag 603
—— ——, Erhaltung 602
—— ——, Werth für den Feldbau 603
—— ——, Zweck 595
Strohkränze 74
Strontian = Strontiumoxyd
Strontiansalze 242
Strontianit 208
Strontium 243
Strychnin 300
Sturm 495

Su = Bernsteinsäure 287
Subcarburet des Wasserstoffs 124
Sublimat 91
——, Quecksilber-, gegen Holzfäulniß 609
Sublimation 91
Suboxyd 49
Suboxydul —
Substanzen, fäulnißwidrige 357

Substanzen, fäulnißwidrige gegen Holz 608
Substitution 270
Succinate 287
Succinicum acidum —
Succinylsäure —
Succi proprii 395
Südwinde 496
Sulfat etc. s. Sulph.
Sullagsäure = Ellags. 293
Sulphat, Bittererde- = schwefelsaure B. 248
Sulphate 130. 210
—— gegen Holzfäulniß s. schwefelsaure Salze 608
Sulphat, Eisenoxyd- = schwefelsaures E. 210. 257
——, Eisenoxydul- = schwefelsaures E. —
——, Kali- = schwefelsaures K. 223
——, Kalithonerde- = schwefelsaure K. 252
——, Kalk- = schwefelsaurer K. 245
——, Magnesia- = schwefelsaure Bittererde 248
——, Manganoxydul- = schwefelsaures M. 265
——, Talkerde- = schwefelsaure Bittererde 248
——, Thonerde- = schwefelsaure Th. 252
Sulphide 44 181
Sulphite 128
Sulphobasen 51
Sulphosäuren —
Sulphur 125
Sulphüre 181
Sulphurete 44. —
——, Oxy- 52
Sulphuride 182
Sumach 292
——, Gerbstoffgehalt 290
Sumpfboden 517
Sumpferde, Kohle, Theer, Holzessig etc. aus 650
Sumpfgas 124
Sumpfluft —
Sumpftorfboden 518. 520
Superoxyd 49
Superoxydul
Support 99
Süßholzzucker 336
Süß, Scheele'sches = Glycerin 318
Syenit 527
Syenitboden —
Sylvinsäure 326

Symbole, chemische, s. Zeichen 33
Synaptase 355
Synthese, chemische 53
Synthetische Chemie 9
Syrup, holländischer 316
System, antiphlogistisches 103
——, phogistisches —

$\bar{T}$ = Weinsteinsäure 282
$\ddot{\bar{T}}$ = Weinsteinsäure —
Ta = Tantal 34
$\bar{T}a$ = 2 Atome Tantal
$\ddot{\bar{T}}a$ = Tantaloxyd oder tantalige Säure
$\dddot{\bar{T}}a$ = Tantalsäure
$\bar{T}a'''$ = Schwefeltantal
Tabak, Aschenanalyse 385. 386. 389
Tabakkampher 323
Tabaksamenöl 319. 678
Tabakwurzel, Aschenbestandtheile 386
Tabelle, absolut. Gewicht des Bodens 570
——: Absorbirbarkeit der Gase 57
——: Äquivalente und Atomgewichte 680
——: Aschenanalysen 385—389
——: Aschengehalt der Hölzer 385—387. 661. 662
——: Auflöslichkeit der Salze 180
——: Ausbeute an Pottasche 662. 663
——: —— beim Kohlenbrennen 641 (2) 642. 649. 652
——: Ausbeute der Zersetzungsprodukte des Holzes 649
——: Beurtheilung des Bodens nach Wasseraufnahme 573
——: Bodenanalysen 590. 592
——: Brennkraft des Holzes 423. 424. 638
——: Brennwerth der Kohlenarten —
——: Brennwerth, theoretischer der Hölzer 383
——: Chemische Zeichen 33
——: Cohäsion des Bodens 572

Seite

Tabelle: Consistenz des Bodens 572
——: Dauer des Holzes 409
——: Eigenschaften der Nichtmetalle 101
——: Eigenschaften der Öle 678
——: Einfluß der Streunutzung 603
——: Elasticität des Holzes 408
——: Elementarbestandtheile des Holzes 382. 383. 384
——: Elemente 12
——: Elemente in elektrochem. Folge 13
——: Festigkeit des Holzes 404. 405
——: Gehalt der Pottasche 668
——: Gerbstoffgehalt verschiedener Vegetabilien 290
——: Geschichte der Holzconservirung 620
——: Heizkraft der Holzarten 383. 423. 424. 638
——: Heizkraft der Öle 678
——: hygrometrische Feuchtigkeit des Holzes 413
——: Ölgehalt der Samen 678
——: Ölausbeute aus Samen —
——: Schmelzbarkeit der Metalle 152
——: specif. Gewicht des Bodens 570
——: specif. Gewicht der fetten Öle 678
——: specifisches Gewicht des Holzes 400, 401. 402 411. (2) 423
——: specif. Gewicht der Kohlen 32
——: specif. Wärme der Metalle —
——: Tragkraft des Holzes 407
——: Verwandtschaft der Säuren und Basen 194. 198
——: Volumabnahme des Bodens beim Trocknen 572
——: wärmehaltende Kraft des Bodens 576
——: wasseranziehende Kraft des Bodens 575
——: Wasseranziehungsfähigkeit des Holzes 411

Seite

Tabelle: Wasseraufnahmsfähigkeit des Bodens 573
——: wasserzurückhaltende Kraft des Bodens 574
——: Widerstand des Holzes gegen Torsion 406
Tafelspath 217
Tagilit 213
Talcium = Magnesium 247
Talg 318. 320
Talgsäure = Stearinsäure 319
Talgstoff = Stearin —
Talk 217. 522
Talkboden 564
Talkerde 247. 523
—— als Bodenbestandtheil 538
——bad 72
——bicarbonat = zweifachkohlensaure Magnesia 249
——karbonat = kohlensaure Magnesia —
——, kieselsaure —
——, kohlensaure —
——salze s. Bittererdesalze 247
Talkerde, salzsaure = Chlormagnesium 249
——, —— gegen Holzfäulniß s. Chlormagnesium 608
——, schwefelsaure 248
—— silicat = kieselsaure Magnesia 249
—— sulphat = schwefelsaure Bittererde 248
——, Verhalten zur Elektricität 554
——spath 208
——, Wasser- 247
Tannate 294
Tannenholz, Aschenbestandtheile 385. 386. 387
——, Bestandth. nähere 398
Tannennadeln, Aschenbestandtheile 387
Tannenrinde, Aschenbest. 395
——, Gerbstoffgehalt 290. 291
Tannensamenöl 319
Tannicum acidum 289
Tannin —
Tanningen = Gerbstoff —
Tanningensäure = Gerbsäure —
Tantal 12. 13
Taraxacum-Stärkmehl 310
Tartaricum acidum 282

Seite

Tartralsäure 283
Tartrelsäure —
Tartrylsäure 282
Te = Tellur 34
$\ddot{Te}$ = Telluroxyd oder tellurige Säure
$\dddot{Te}$ = Tellursäure
Te'' = Zweifachschwefeltellur
Te''' = Dreifachschwefeltellur
Tb = Terbium
Technologie, forstliche 603
——, Literatur 5
Technologische Chemie 603
—— ——, Literatur 3
Tellur 12. 13
Tellurblei 169
Tellurete 44
Telluride —
Tellursalze 46
Tellursäuren 42. 44
Tenakel 94
Terbium 12
Terminologie, chemische s. Nomenclatur 12. 49
Ternäre Verbindungen 40
Terpentin 326
——, elsasser 327
——, fetter 326
——, französischer —
——geist = Terpentinöl 322. 656
——, gekochter 657
——, gemeiner 326
——, karpathischer 327
——öl 322. 656
Terpentinspiritus = Terpentinöl 322. —
Terpentin, Straßburger 327
——, ungarischer —
——, venetianischer 326
Tertiäres Gebirge 505
Tetrathionsäure 127
Th = Thorium 12. 13
$\dot{Th}$ = Thorerde
$\overset{+}{Th}$ = Thebain (Alkaloid)
Thalklima 498
Thär s. Theer
Thau 458
——, Honig- 462
Thee, grüner, Gerbstoffgehalt 290
Theer 376. 378. 644
——, aus Braunkohle und Sumpferde 650
—— aus Meilern 629

Seite
Theerbrennerei 643
——galle 644
——, gegen Holzfäule 609
——, gelber 644
—— gewinnung 643
——gewinnung, Literatur 7. 8
Theerofen 643
——, Gebrück 644
——, Kappe 643
——, Setzlöcher 644
Theerschwelen 643
——, Ausbeute beim 648
—— in eisernen Cylindern 645
—— in eisernen Kästen —
——, Literatur 7. 8
Theer, weißer 644
Theile, gleichartige 11
——, ungleichartige —
Theoretische Chemie 9
Theorie, atomistische 16. 28
——, dynamische 16
——, elektrochemische 14
Thierblase zum Entwässern des Weingeistes 23. 368. 459
—— zum Verschließen der Gefäße 74
Ti = Titan 34
$\overline{Ti}$ = 2 Atome Titan
$\dot{Ti}$ = Titanoxydul
$\overset{\cdots}{\overline{Ti}}$ = Titanoxyd
$\ddot{Ti}$ = Titansäure
$\overset{,,}{Ti}$ = Schwefeltitan
Tiegel s. Schmelztiegel
Tiegelzangen 91
Tinkal = roher Borax 135
Tinctur, Curcuma- 341
——, Galläpfel- = Auszug der G. mit Weingeist 256
——, Indigo- 346. 348
——, Jod- 142
——, Lackmus- 343
Tinte 296
Thion = Schwefel
Titan 12. 13
Thomsonit 217
Thon 216. 252. 533
—— als Bodenbestandtheil 533. 535. 536
Thonboden 526. 535. 563. 565. 593
——, humusreicher 566
——, kalkiger —
——, mergeliger —
——, sandiger —
Thoneisenstein 258

Seite
Thonerde 250
——, essigsaure gegen Holzfäulniß 608
——, humussaure 372
Thonerdekali, schwefelsaures 252
Thonerdekalisulphat = schwefelsaure Th. —
Thonerde, kieselsaure —
Thonerdesalze 250
Thonerde, schwefelsaure 252
Thonerdesilicat = kieselsaure Th. —
Thonerdesulphat = schwefelsaure Th. —
Thonerde, Vorkommen 250. 390. 523
Thon, Farbe 535
Thongyps 531
Thoniger Mergel 534
Thon, kalkiger 563
Thonofen 67
Thon, Pfeifen- 534
——, Porzellan- —
Thonretorten 81
Thonsandstein 531
Thonsaure Salze 219. 251
Thonschiefer 526
Thonschieferboden —
Thontiegel 89
Thon, Töpfer- 534
——, Veränderung an der Luft s. Lehm 515
——, Veränderung durch Glühen s. Lehm 536
——, Verhalten zur Elektricität 554
Thorium 12. 13
Todtbrennen des Gypses 39
Todtbrennen des Kalks 243
Tödtliches Gas = Stickstoff 110
Todtliegendes 527
——, Boden des —
——, rothes —
——, weißes —
Tollkirsche (Atropa Bellad.) 299. 350
Tonkakampher 324
Topas 206. 217
Töpferthon 534
Topf, Papin'scher 74
Torf 366. 549
——, Bagger- 366
Torfbenutzung, Literatur 8
Torfbetrieb, Literatur —
Torfbildung 366. 549
——, Literatur 8
Torfboden 547
Torf, Brennwerth, Literatur 5

Seite
Torfbrücher 519
Torferzeugung 566. 549
——, Literatur 8
Torfmaterie = Humus 369. 542
Torfschwelerei s. Sumpferde 650
——, Literatur 7
Torf, Stich- 366
Torfverkohlung, Literatur 5
Tormentillwurzel, Gerbstoffgehalt 290
Traganth 314
Träger chemischer Apparate 99
Traubenhollunderholz, Aschenbestandtheile 386
Traubenkernöl 319
Traubenkirschenblüten, Bestandtheile, nähere 435
Traubenkirschenrinde, Benutzung 350
Traubensäure 284
——, Brenz- 285
——, Pyro- = Brenztr. 283
Traubenzucker = Stärkmehl- oder Krümelzucker 317. 379
Treiben des Meilers 632
Trennung, chemische = Analyse
Tresteröl 678
Trichter, Blech- 96
——, Filtrir- —
——, Scheide- 94
——, Verdrängungs- 58
——, Wasserbad- 96
Trifolium pratense, Aschenbestandtheile 389
Trimorphie 36
Tripelsalze 48
Triphylin 213
Trisulphuret 181
Trithionsäure 127
Tritoxyd 50
Trockenfäule des Holzes 604
—— —— ——, Literatur 7
Trockenmoder 604
Trockenofen 77
Trockne Destillation 91. 375
Trocknen 77
—— bei Luftabschluß 77. 108. 130. 444
—— der Gase 83
—— des Holzes 412. 605
—— durch Chlorcalcium 77. 444
—— durch Schwefelsäure 77. 130. —
Trockner Weg 54

Seite
Trona = anderthalb-kohlensaures Natron
Tropfstein 245
Trübung 63
Tubulirter Helm 78
Tubulirte Retorte 81
Tubulus —
Tuch, Colir- 94
—, Seih- —
Tungsteinmetall=Wolfram 12. 13
Türkis 213
Turmalin 215. 216

U = Uran 34
U̶ = 2 Atome Uran
$\dot{U}$ = Uranoxydul
$\dddot{U}$ = Uranoxyd
$\bar{U}$ = Traubensäure 284
Überbrühen 74
Überchlorige Säure 140
Übergangsgebirge 503
—, Bildung s. Grauwackengruppe 508
Übermangansaures Kali 267
Überoxyd 49
Übersäure 50
Überwallung 467
Überzug, platinartiger des Kupfers und Messings 158
—, wachsartiger der Blätter und Früchte 320. 348
Uhrgläser 75
$\bar{U}l$ = Ulminsäure 372
Ulmate
Ulmenholz, Aschenbestandtheile 387
Ulmenrinde, Aschenbestandtheile —
—, Gerbstoffgehalt 290
Ulmicum acidum 372
Ulmin —
Ulminsaure Salze —
Umbra, Kölnische 368
Umfassen der Meiler 632
Unedle Metalle 155
Ungarischer Terpentin 327
Ungleichartige Theile 11
Unterchlorige Säure 140
Untergrund 499
—, Bestandtheile 566
—, Einfluß auf Bodenbestandtheile 567
—, felsiger —
—, kiesiger —
—, lehmiger —
Seite
Untergrund, lettiger 567
—, Raseneisenstein als —
—, sandiger —
—, steiniger —
—, thoniger —
Unterharz, = nähere Bestandtheile der Harze nach Bonastre.
Unterlage, Boden- s. Untergrund
Unteroxyd 49
Untersalpetersäure 120
Untersatz 99
Unterschwefelsäure 127
—, Indigblau- 347
Unterschweflige Säure 127
Untersuchung, chem. 11. 198
Unze 100
Ür als Endsylbe, Bedeutung 50. 52
Uran 12. 13
Uranblüte 208
Uranglimmer 213
Uranocker 171
Uranpecherz —
Uranvitriol 210
Urao = anderthalb kohlensaures Natron
Urgebirge 502
Urkalk = Kalk des Urgebirges 503
Urmaterie 448
Urstoffe = Elemente 12
Urzeugung 447
—, bedingte 448
—, unbedingte —
Utensilien, chemische 54—100
$\bar{U}v$ = $\bar{U}$ = Traubensäure 284
Uvicum acidum —
V = Vanadium oder Vanadin 34
$\dot{V}$ = Vanadinsuboxyd
$\ddot{V}$ = Vanadinoxyd od. vanadinige Säure
$\dddot{V}$ = Vanadinsäure
V″ = Zweifachschwefelvanadin
V‴ = Dreifachschwefelvanadin
$\bar{V}$ = Valerian- oder Baldriansäure
Valoneae 291
Vanadin 12. 13
Vanadinblei 202
Variolaria dealbata 342
— orcina 343
Seite
Variolarin = Orcin 342
$\overset{+}{Ve}$ = Veratrin (Alkaloid)
Vegetabilisches Alkali = Kali 221
— Laugensalz = Kali —
Vegetation, Einfluß auf die Luft 473
— —, auf Luftfeuchtigkeit 489
— —, auf Luftwärme 490
— — der Electricität auf 438
— — des Gypses auf 131. 478
— — des Lichtes auf 482
— — der Kälte auf 480
— — der Kunst auf 594
— — des Schwefels auf 131
— — des schwefelsauren Kalks auf 131. 478
— — der Wärme auf 479
— — der Winde auf 495
—, Lichtentwicklung bei ders. 483
—, Wärmeentwicklung bei ders. 480
—, wesentlich ein Desoxydationsprozeß 471
Venetianischer Terpentin 326
Verbindung, chemische, atomistische Ansicht über die 16
Verbindung, chemische, dynamische Ansicht über die —
— —, Kennzeichen der 17. 25
Verbindungen, anorganische 41
—, binäre 40
—, chemische, Eintheilung —
—, —, Nomenclatur 49
Verbindungen dritter Ordnung 41
—, elektronegative —
—, elektropositive —
—, erster Ordnung 40
—, organische 41. 268
—, —, Literatur 2
—, quaternäre 40

Seite
Verbindungen, zweiter Ordnung 40
Verbrennung 103
—— der Metalle 157. 159
—— im Wasser 221. 234
Verbrennungsapparat für organische Analysen Fig. 102 272
Verbrückung der Meilerstätte 626
Verdampfen 75
Verdrängung 58
—— der Gase aus Flüssigkeiten 83
Verdrängungstrichter 58
Verdunstung 75
Verglasung 37
Verhalten, chemisches 14
Verkitten 92
Verknistern 77. 88
Verkohlung des Holzes 622 s. auch trockne Destillation 375
—— —— ——, Arten ders. 625
—— —— ——, Ausbeute bei 622. 641 (2) 642
——, Form des Holzes zur 624
—— des Holzes, Jahreszeit zur —
—— des Holzes in Cylindern 651
—— —— —— in Gruben 655
—— —— —— in Haufen 635
—— —— —— in liegenden Werken —
—— —— —— in Meilern 625
—— —— —— in Öfen 642
—— —— —— in Öfen, gemauerten 643
—— —— —— in Öfen, mit Luftzutritt 652
—— —— ——, Literatur 6. 7
—— —— ——, Ort zur 624
—— —— ——, Zweck der 622
Verkohlungskasten 645
Verkohlungsmethode, italienische 634
Verkohlungsofen, Chabeaussière's 653
——, gemauerter 643
—— mit Luftzutritt 653
—— Schwartz's 655

Seite
Verkohlungsprodukte, flüssige aus Meilern 625
Vermoderung 367
Verpuffung 18. 63
Verquickung 168
Verschluckung s. Absorption
Verseifung 318
Versuch, chemischer 14
Verwandtschaft —
——, Abänderung der 24
——, Arten der 14
——, Contact- 15
——, einfache 12
——, einleitende 16
——, Gesetze der 19. 24
——, inductive 16
——, katalytische 15
——, mischende 14
——, prädisponirende 15
Verwandtschaftstafel der Säuren auf nassem Wege 194
—— —— —— auf trocknem Wege 198
—— der Basen auf nassem Wege 196
Verwandtschaft, vorbereitende 15
——, Wahl- —
—— ——, doppelte —
—— ——, einfache —
——, wechselseitige 24
Vertilgung von Gerüchen 100. 121
Verwesung 356. 363
—— des Alkohols —
—— der Fette 357
—— der Harze —
—— der Holzfaser 365
—— des Weingeistes s. Alkohol 363
Verwitterung 19. 192
—— der Gebirgsarten 514
—— —— ——, Langsamkeit ders. 516
—— der Salze 77
Vesuvian 218
Vierfachbasische Salze 48
Viscin 327
Viscum album, Aschenbestandtheile 357
Vitrification = Verglasung 37
Vitriol 210
——, blauer = Kupfervitriol —
——, Blei- —
——, Eisen-, grüner 210. 257
—— ——, rother 210
——, grüner 210. 257
——, Kobalt- 210

Seite
Vitriol, Kupfer- 210
——, Mangan- 210. 265
——, Nordhäuser 130
——, rauchendes —
——, sächsisches —
——, weißes = englische Schwefelsäure —
Vitriol, rother 210
Vitriolsäure = Schwefelsäure 128
Vitriol, Uran- 210
——, weißer = Zinkvitriol —
——, Zink- —
Vivianit 213
Vogesensäure = Traubensäure
Vogelbeersäure = Äpfelsäure 285
Vogelleim 327
Volumtheorie 29
Vorbereitende Verwandtschaft 15
Vorbereitung des chemischen Prozesses 54
Vorlage 78
——, Woolf'sche 81
Vorschlagen —
Vulkane, Theorie 512

W = Wolfram 12. 13
$\dot{W}$ = Wolframoxyd oder wolframige Säure
$\dddot{W}$ = Wolframsäure
$\overset{\prime\prime}{W}$ = Zweifachschwefelwolfram
$\overset{\prime\prime\prime}{W}$ = Dreifachschwefelwolfram
Wachholderbeeren, Bestandtheile, nähere 438
Wachholderbranntwein 674. 676
Wachholderharz 328
Wachholderöl 322
Wachholderwein 674
Wachs 318. 320
Wachsartiger Überzug der Blätter und Früchte —
Wachs, Bienen- —
Wachsfässer 76
Wachskitt 92
Wachsliefernde Blüten 436
Wachs, Pflanzen- 320
Wachsthum der Pflanzen, Literatur 4
Wacke 529
Wackeboden —
Wagnerit 213

Seite

Wahlanziehung = Wahlverwandtschaft 15
Wahrhammer der Kohlenbrenner 633
Waid 345
Waldameise 280
Walddünger 597
Wälder, Einfluß auf Witterung 489
Waldstreu 595
——, Bestandtheile 387. 596
s. auch Blätter
——, Einfluß auf Holzertrag 603
——, Erhaltung 602
——nutzung, Einfluß auf Holzertrag 603
——, Werth f. d. Feldbau —
——, Zweck 595
Waldvegetation, Einfluß der Winde auf 495
Wallnuß, Aschenbestandtheile 389
Wallnußöl 319
Wanderblöcke 523
Wanne, pneumatische 83
—— ——, Quecksilber- 84
Wärme, Einfluß auf Vegetation 479
Wärmeentwicklung beim chemischen Proceß 18
—— bei der Vegetation 480
Wärmeleitung der Metalle 151
Wärme, specifische der Metalle 32
Waschen der Niederschläge 97
Waschflasche —
Wasser 108
—— als Bodenbestandtheil 548
Wasserbad 73
Wasserbadtrichter 96
Wasser, Birken-
——, ——, Literatur 8
——, Bitter- 248
——, Bockleter- 122
——, Brückenauer —
——, Brunnen 109
——, Burtscheider 131
——dichter Kitt 92 (2)
——dichter Überzug für Leder 330. 331
——dichter Überzug für Zeuge 329. 331. 332
——, Epsomer 248
——erzeugendes Gas = Wasserstoff 106
——fenchelsamen, Bestandtheile, nähere 441
——, Fluß- 109 (2)
Wasser, Franzensbader 122
——glas 233
——harter Boden 563
——, hartes 109
——, hepatisches 131
——, Hydrat- 109
——, hygroskopisches —
——kies 263
——, Kissinger 122
——, Königs- 141
——, Krystall- 109
——, Meer- 110
——, Mineral- —
——mörtel 244
Wasser, Püllnaer 248
——, Pyrmonter 122
——, Regen- 109
——, Scheidung von Öl 94. 97
——, Schwefel- 110. 131
——, Seidschützer 248
——, Selterser 122
——, Stahl- 208
Wasserstoff 106
Wasserstoffbestimmung bei organ. Analysen 272
Wasserstoffcarburet 124
Wasserstofffeuerzeug s. Platinzündmaschine 108
Wasserstoffflamme 104
——, leuchtende 108
Wasserstoffgas als Heizmittel —
——, phosphorhaltiges = Phosphorwasserstoff 134
——, geschwefeltes = Schwefelwasserstoff 130
——, leuchtendes 108
Wasserstoffsäuren 42. 43. 277
Wasserstoffsubcarburet 124
Wasserstoffverbindungen, Nomenclatur 51
Wasserstoffzündmaschine s. Platinzündmaschine 108
Wassertalk 247
Wasser, Trennung von Öl 94. 97
Wasserwanne, pneumatische 83
Wasser, weiches 109
——, Weilbacher 131
Waugelb 339
Wausamenöl 677. 678. 679
Wavellit 213
Wechselseitige Verwandtschaft 24
Weg, nasser 54
——, trockner —
Wegdistelöl 678
Weiches Wasser 109
Weichharze 325. 326
Weidenboden 561
Weidenrinde, Gerbstoffgehalt 290 (6)
Weidenrindenbitter 334
Weihrauch 328
Weilbacher Wasser 131
Wein 362
Weinaroma 361
Wein, Birken-
——, ——, Literatur 8
Weinblumenäther 362
Weinblumensäure —
Weinboraxsaures Kali 136
Weingährung 359
——, Bedingnisse —
Weingeist 362. 369
—— als Brennmaterial 69
—— als Leuchtmaterial 369
——flamme 104
——, höchst rectificirter 369
Weingeistlampe 69
——, Berzelius' 70
——, doppelzügige —
——, Fuchs' —
Weingeist, rectificirter 369
——, Unterscheidung von Holzgeist 377
Weinrebe, Aschenbestandtheile 387
Weinsäure 282
Weinsaure Salze 283
Weinstein —
——, Borax- 48
Weinsteinsalz = kohlensaures Kali 223
——, wesentliches = Weinsteinsäure 282
Weinsteinsäure —
——, Brenz- —
——, Pyro- = Brenzw. 283
Weinsteinsaure Salze —
Weintresteröl 678
Weißbleierz 208
Weißbuchenholz, Aschenbestandtheile 386 (2)
Weißglühhitze, Grade der 87
Weiß, Indigo- 347
Weißrübensamenöl 678
Weißspießglanzerz 172
Weißtanne, Bestandtheile, nähere 398
Weißtellurerz 169
Welters Bitter 347
Welthers Sicherheitsröhre 81
Weizenstroh, Aschenbestandtheile 386
Werfen des Meilers 632 (2)
Werke, liegende 635

Seite
Werke, liegende, Feuerhaus der 636
—— ——, Kopf der —
—— ——, Segel der —
Wermuthbitter 333
Wermuthöl 323
Werkzeuge, chemische 54—98
Westwinde 496
Wetter 497
——, böse = Sumpfluft 124
——, matte = Stickstoff 110
——, saure 122
——, schlagende 124
——, stickende 122
Wickensame, Aschenbestandtheile 389
Winde, 495
——, Berg- 496
——, Einfluß auf Luftfeuchtigkeit 488
——, Einfluß auf Lufttemperatur 490
——, Einfluß auf Waldvegetation 495
——, Entstehung —
——, Nord- 496
——, Ost- —
——, Passat- 495
——, Süd- 496
——, West- —
——, Wirbel- —
Windofen 65. 67
Wirbelwinde 496
Wismuth 12. 13
Wismuthglanz 182
Wismuthocker 172
Witherit 208
Witterung 497
——, Einfluß der Gebirge auf 489
——, Einfluß der Wälder auf —
Wolfram 12. 13
Wolframocker 172
Wolfsmilch s. Euphorbia 341
Wolken 105. 487
Wolkenelektricität 492
Wolkenregion 488
Wonneluft} Wonnegas} = Stickstoffoxydul 116
Woolf'sche Flasche 81
Woolf'scher Apparat —
Wunderbaumsamenöl = Ricinusöl 319. 678 (2)
Würfelsalpeter = salpetersaures Natron 237

Seite
Wurzel, Aschenbestandtheile 386
Wurzelcochenille 341
Wurzel, Aufsaugung 458
——, Function —
Wurzelrindenbitter = Phlorrhizin 334
Wurzelrost 565
Wurzelsüß 336
Wurzel, Verhalten zur Luft 461

Xanthophyll 340
Xylit 377
Xyloidin 300. 303

Y = Yttrium 34
Ẏ = Yttererde
Ypser Tiegel 89
Yttersspath 213
Yttrium 12. 13
Yttrocerit 205

Zähigkeit des Holzes 407
Zahlen, stöchiometrische = Mischungs- und Atomgewichte 26. 680
Zange, Feuer- s. Tiegelzange 91
——, Löthrohr- 71
——, Tiegel- 91
Zc s. Zn
Zeagonit 217
Zeichen der Elemente 33
—— der Verbindungen 34
——, mineralogisch-chemische 35
Zellensubstanz 300
Zellsaft 394
Zellstoff 300
Zellulose —
Zeolithe 218
Zerfallen 19
Zerfließen 19. 77
Zerkleinern der Metalle 55
—— der Naturkörper 54
—— harter Mineralkörper 89
Zerlegung, chemische 17
Zerschneiden der Materialien 55
Zersetzung, chemische 17
——, Gesetze der 23
—— organischer Körper an der Luft 356
—— organischer Körper durch Wärme 375
—— organischer Körper durch Wärme nebst Luft und Wasser —

Seite
Zersetzungsprodukte der Holzfaser 301. 369
Zersetzung stickstofffreier Körper an der Luft 358
—— stickstoffhaltiger Körper an der Luft —
Zerstampfen 55
Zerstörung 17
—— der Gerüche 100. 121
Zeugung, mutterlose 447
——, Samen- 448
——, Ur- 447
—— —— bedingte 448
—— —— unbedingte —
Ziehen der Kohlen 633
Zimmtsäure 288
Zink 12. 13
Zinkblende 182
Zinkenit —
Zinkvitriol 210
Zinn 12. 13
Zinnkies 182
Zinnober —
Zinnstein 171
Zirkon 12. 13
Zitronen ꝛc. s. C.
Zitterpappelrinde, Gerbstoffgehalt 290
Zn = Zink 34
Żn = Zinkoxyd
Z̓n = Schwefelzink
Zoochemie 10
Zr = Zirconium 34
Zr = 2 Atome Zirconium
Z̈r = Zirkonerde
Zubrennen der Meiler 632
Zucker 315
——, Absterben des 38
——ahorn, Literatur 8
——, Birken- 673
—— ——, Literatur 8
——busch 671
——, Candis- 315
——, Farin- = letzte Krystallisation des Zuckersyrups
——, Frucht- 316. 317
——, gährungsfähiger 315
——, gährungsunfähiger —
——, gemeiner 315 (2)
——, Gersten- 315
——haltige Pflanzensäfte, Bearbeitung der 671
——, Hut- 315
——, Kandis- —
——, Krümel- 317 s. auch Stärkezucker 379

Seite
Zucker, Manna- 317
——, Milch- —
——, Roh- 315
——, Rohr- —
——rohr, Aschenbestandtheile 388
——, Schleim- 315
——, Schwamm- 317
Zuckerschwefelsäure 313
Zucker, Stärkmehl- 317
——, Süßholz- 336
——syrup, holländischer 316
——, Trauben- 317 s. auch Stärkezucker 379

Seite
Zugofen 65. 67
Zünden angehäufter Stoffe 106
—— der Asche 664
—— des Blitzes 494
Zünder 41
Zündmaschine, Platin- 108
Zündröhre der Meiler 629
Zuschläge 89
Zweibasige Säuren 44
Zweifachboraxsaures Natron 237
Zweifachkohlensaure Bittererde 249

Seite
—— Kalkerde 244
—— Magnesia 249
—— Talkerde s. Magnesia —
Zweifachoxalsaures Kali 282
Zweifachphosphorsaurer Kalk 246
Zweifachschwefelsaures Kali 224
Zweifachweinsaures Kali 283
Zweisäurige Basen 45
Zwillingssalze 48
Zymom 354

Nachtrag.

Zu S. 367. und 368. Göppert hat künstlich braun- und steinkohlenartige Produkte auf nassem Wege erhalten. Vgl. Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem. 72. 1847. S. 174.

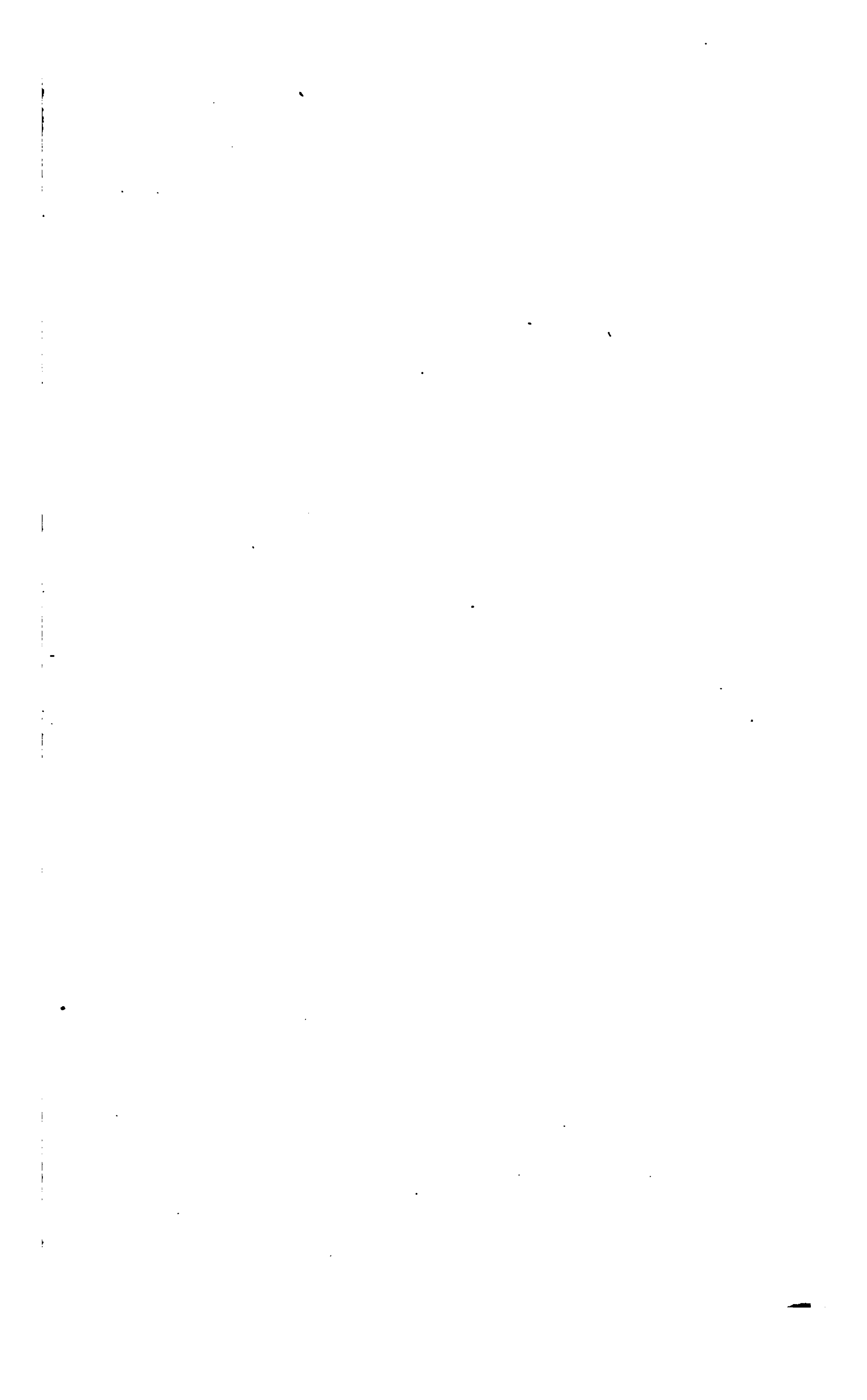
Zu S. 590. Im Rheinschlamm (bei Emmerich) fand Müller 17,05 Kieselerde, 55,50 Thonerde, 15,65 Eisenoxyd, Spuren von Manganoxydul, 4,60 kohlensaure Kalkerde, 2,10 kohlensaure Talkerde, Spuren von Kali und Ammoniak, 2,05 Humussäure und stickstoffhaltige organische Materie und 3,05 Wasser.

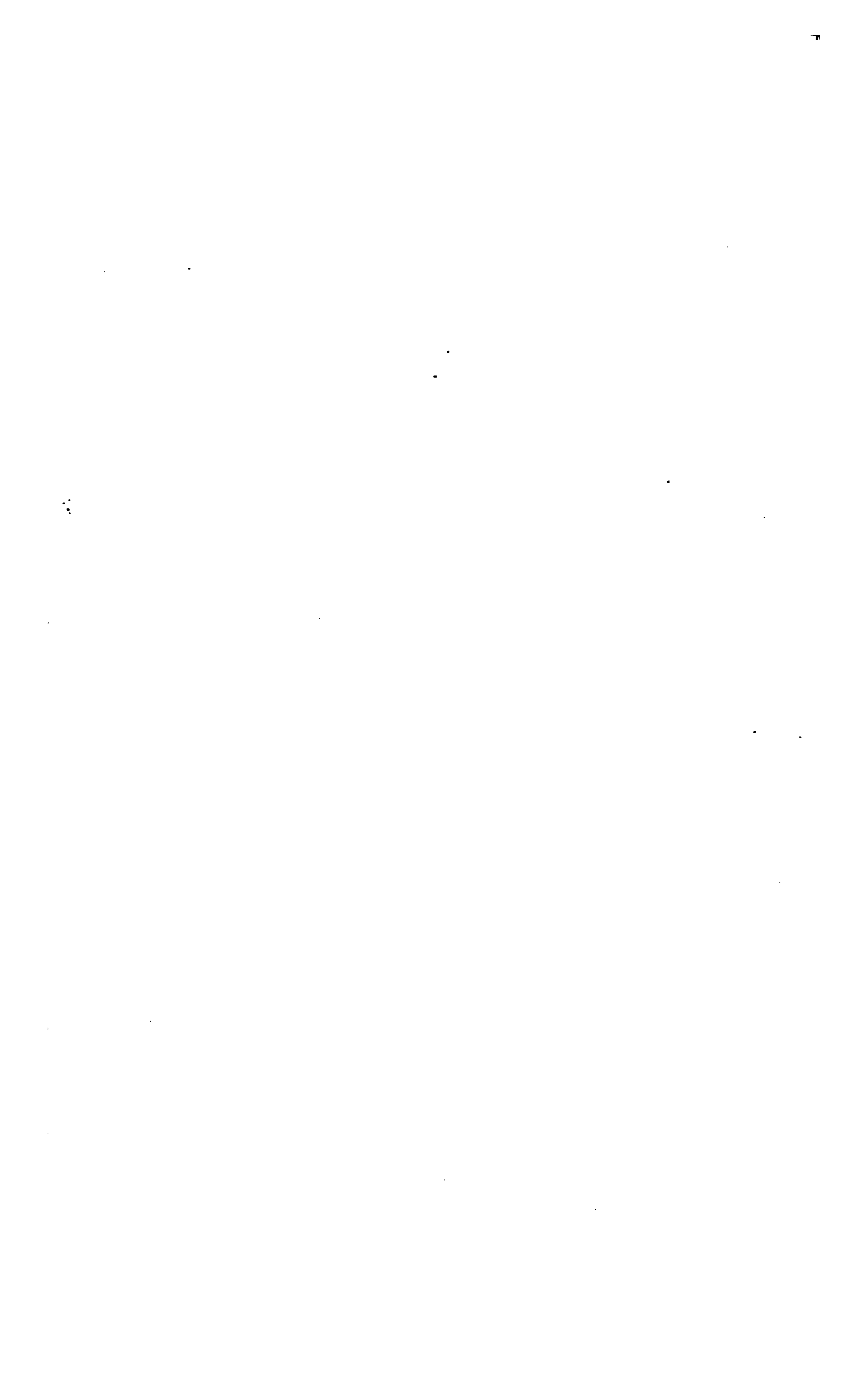
S. 668 Z. 17 von oben statt unnöthig lies nöthig.

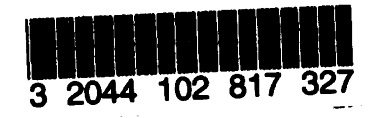
S. 668 Z. 18 von oben statt ätzendem lies kohlensaurem.

S. 668 Z. 21 von oben und folgende bedeuten die Zahlen kohlensaures Kali.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.






3 2044 102 817 327

